Ontario

La culture des LÉGUMES EN SERRE

Publication 371F

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, DE L'ALIMENTATION ET DES AFFAIRES RURALES

Chaque année, le sous-comité concerné du Comité de la recherche et des services en matière de lutte contre les ennemis des cultures de l'Ontario revoit les pesticides énumérés dans la présente publication. À la connaissance du sous-comité, tous ces pesticides avaient été, en novembre 2000 :

- homologués par le gouvernement fédéral;
- examinés par le Comité consultatif sur les pesticides de l'Ontario; et
- classés par le ministère de l'Environnement de l'Ontario.

Jeter les éditions périmées de la présente publication.

L'information fournie dans la présente publication est d'ordre général seulement. Tous les pesticides doivent être utilisés conformément au mode d'emploi indiqué sur l'étiquette du produit et au règlement 914 de la *Loi sur les pesticides* (Ontario).

Suivre à la lettre toutes les indications et mises en garde inscrites sur l'étiquette des produits pesticides.

En publiant le présent guide, le ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario n'offre aucune garantie et n'assume aucune responsabilité en cas de pertes de produits végétaux ou animaux, d'inconvénients pour la santé, de préjudices causés au milieu naturel ou aux personnes par suite de l'utilisation d'un pesticide mentionné dans ce guide.

Déclaration de principe

Dans la majorité des cas, la publication énumère plusieurs produits pesticides efficaces contre chaque maladie ou ravageur étudié. En règle générale, les produits qui présentent le moins de danger ainsi que ceux dont les producteurs se déclarent satisfaits depuis des années ont été placés en tête de liste. Les plus toxiques et les plus nouveaux, moins bien rodés, figurent en fin de liste. Il faut cependant signaler que les produits les plus efficaces sont parfois très toxiques.

Un certain nombre de marques de commerce ont été mentionnées dans le guide pour en faciliter la consultation par le producteur; cela ne veut pas dire que l'on cautionne ces produits ni que des produits similaires vendus sous d'autres marques sont moins efficaces.

Divers facteurs, dont les conditions atmosphériques, influent sur l'efficacité des produits et les dommages qu'ils risquent de causer à la végétation. Il faut donc se référer aux renseignements portés par l'étiquette de chaque produit et à toute autre source d'information concernant ce produit afin de connaître notamment sa compatibilité avec d'autres substances et ses effets selon les conditions du milieu. Les poudres mouillables ou solubles (WP, SP, WDG ou DG) causent généralement moins de tort aux plantes que les concentrés liquides (EC, SC et F).

Santé Canada a fixé des limites maximales en matière de résidus de pesticides. Cependant, les producteurs doivent savoir que les transformateurs et les détaillants de produits agro-alimentaires fixent parfois des normes plus sévères. Ils doivent s'informer auprès des entreprises auxquelles ils comptent vendre leurs produits pour savoir quelles restrictions ou limitations celles-ci appliquent éventuellement. On leur suggère également de tenir un registre de renseignements à jour et précis sur l'usage des pesticides dans chacune de leurs cultures.

Homologation fédérale et classification provinciale

Le ministère de l'Environnement de l'Ontario administre le règlement 914 et la *Loi sur les pesticides* de l'Ontario.

Tous les pesticides vendus et utilisés en Ontario doivent être :

- homologués en application de la *Loi sur les produits antiparasitaires* (Canada); et
- classés conformément à la *Loi sur les pesticides* (Ontario) dans l'une des six annexes du règlement d'application.

Homologation fédérale

L'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire (ARLA), de Santé Canada, homologue les pesticides à la suite d'une évaluation des données scientifiques pour s'assurer de la valeur et du bien-fondé de chaque produit; elle veille également à ce que la santé humaine et l'environnement ne soient pas mis en danger par les pesticides.

1. **Homologation complète**
   Les pesticides sont généralement homologués pour une période de cinq ans, et l'homologation peut par la suite être renouvelée.
2. **Homologation temporaire**
   L'homologation temporaire est offerte pour une période maximale d'un an et ce, à la condition que le requérant accepte de fournir des renseignements techniques ou scientifiques supplémentaires durant cette période, ou que le pesticide soit utilisé pour une intervention d'urgence en cas d'infestation majeure.

Pour obtenir de plus amples renseignements concernant le système d'homologation fédérale, communiquer avec l'ARLA au 1 800 267-6315 ou à www.hc-sc.ca/pmra-arla.

Classification provinciale

Les pesticides sont classés dans les six annexes du règlement 914, selon leur toxicité, le danger qu'ils présentent pour le milieu naturel ou la santé, la persistance de leur matière active ou de ses métabolites, la concentration et l'usage auxquels ils sont destinés. Ce classement permet de réglementer la distribution, la mise en vente et l'utilisation des pesticides en Ontario. Pour obtenir des renseignements à jour sur la situation d'un pesticide au regard de l'homologation, communiquer avec :

Comité consultatif sur les pesticides de l'Ontario
2300, rue Yonge, Pièce 1203, Toronto (Ontario) M4P 1E4
Téléphone : 416 314-9230; Télécopieur : 416 314-9237
www.opac.gov.on.ca

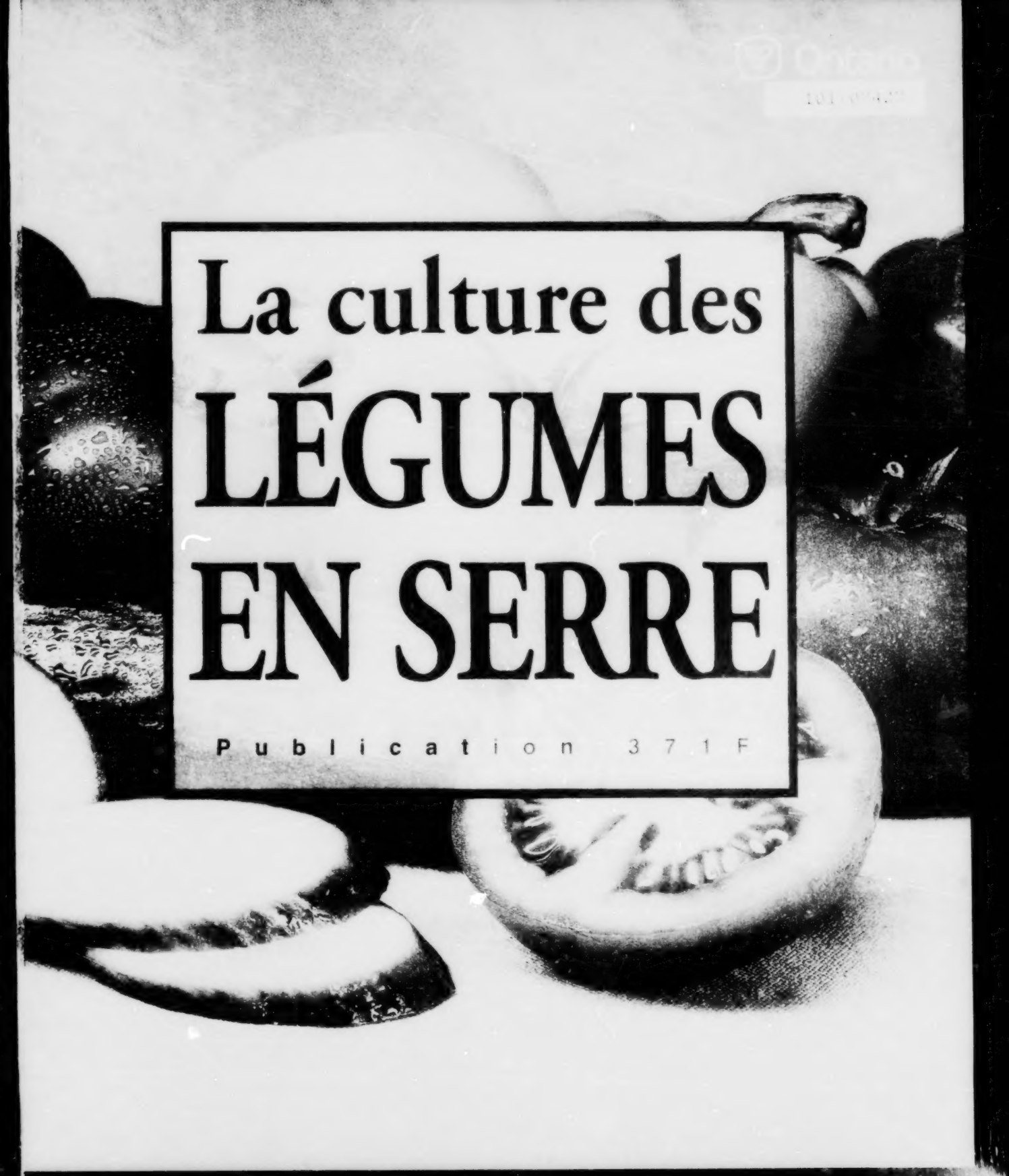
Certificat d'utilisation

Le Règlement 914 de la *Loi sur les pesticides* oblige les agriculteurs à obtenir le certificat délivré à la suite du cours d'utilisation sécuritaire des pesticides avant de traiter sur leur ferme toute culture avec un produit énuméré à l'annexe 1, 2 ou 5, et même avant d'en faire l'achat. Il doit y avoir au moins un agriculteur détenant le certificat d'utilisation sur chaque exploitation agricole.

Depuis janvier 2000, les aides agricoles doivent recevoir une formation sur l'utilisation sécuritaire des pesticides sanctionnée par le ministère de l'Environnement de l'Ontario pour manutentionner tout produit inscrit à l'annexe 2 ou 5, et ils doivent être surveillés par un agriculteur détenant le certificat d'utilisation. Cette procédure s'applique à tous les aides agricoles, notamment les membres de la famille, les employés de la ferme et les employés occasionnels.

Pour obtenir de plus amples renseignements, consulter le site Web du Programme ontarien de formation en matière de pesticides à www.ridgetownc.uoguelph.ca/opep/ ou composer le 1 800 652-8573 ou le (519) 674-1589.

This publication is also available in English.



La culture des LÉGUMES EN SERRE

Publication 371F

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, DE L'ALIMENTATION ET DES AFFAIRES RURALES

Cherchez-vous de l'information technique et commerciale?

Communiquez avec le Centre d'information du MAAARO :
1-877-424-1300
ou ag.info@omafra.gov.on.ca

Cherchez-vous sur l'Internet de l'information relative à la culture des légumes en serre?

www.gov.on.ca/omafra/french/crops/hort/greenhouse.html

Vous y trouverez des fiches techniques, des articles et des photos sur
la culture et la gestion des cultures légumières en Ontario.

Remerciements
La présente publication a été rédigée en consultation avec l'organisme Ontario Greenhouse Vegetable Growers, qui a aussi généreusement offert la photo de la page couverture.

Table des matières

1. Emploi sécuritaire des pesticides

Précautions générales 1
Prévenir la contamination des sources d'eau sur la ferme 2
En cas d'accident 2
Décontamination personnelle 3
Toxicité relative à l'égard de l'utilisateur 4
Définitions des niveaux de toxicité 4
Retour dans un champ après une pulvérisation 4
Analyse de sang chez les personnes utilisant des pesticides 5
Tenue de protection pour l'utilisation de pesticides en plein air 5
Pourquoi porter une tenue de protection? 5
Réduction de l'exposition 5
Vêtements de protection 5
Respirateur 6
Lavage des vêtements de protection 6
Tenue de protection pour l'emploi dans des lieux clos 7
Masques à gaz à cartouche 7
Masque à gaz autonome 7
Autres vêtements de protection 7
Conditions de travail 7
Fumigants et fumées insecticides employés sous abri 8
Utilisation de fumigants 8
Fumigants 9
Entreposage des pesticides 9
Pesticides inscrits aux annexes 1, 2 et 5 9
Élimination des contenants de pesticides et des matériaux contaminés 10
Matériel de traitement phytosanitaire 11
Pulvérisation 11
Brumes 11
Épandage de granulés 11
Fumées 11
Ultra bas volume 11
Pulvérisateurs électrostatiques 11
Agents mouillants 11
Eau employée pour les traitements phytosanitaires 12
Bouillies préparées en cuve 12
Agribrom 12
Traitement du bois 12
Emballages solubles dans l'eau 13
Manipulation 13
Mélange 13
Compatibilité 13
Concentration des pesticides 13
Traitement des semences 13
Dérive des pesticides 14
Activité et toxicité des produits chimiques 14
Certificat d'utilisation de pesticides pour les agriculteurs de l'Ontario 17
Formation des aides à utiliser les pesticides des annexes 2 et 5 17

2. Facteurs influençant la serriculture

Introduction 19
Phases végétative et de fructification 19
Influence de la température 20
Effet sur la photosynthèse et la respiration 20
Taux de croissance des feuilles, des fleurs et des racines 20
Forme et développement 20
Effet sur l'humidité 20
Régulation de la température 21
Chauffage 21
Ventilation de refroidissement 22
Capteurs et commandes de température 22
Lumière 23
Interaction entre l'intensité lumineuse et la feuille 23
Transmission de la lumière 24
Humidité relative (HR) 25
Gaz carbonique (CO_2) 27
Méthodes d'enrichissement en CO_2 28
Conservation de l'énergie 28
Eau 29

3. Analyses

Solution aqueuse et analyses de l'eau 31
Analyses tissulaires et foliaires 31
Analyses de sol 32

4. Milieu de croissance

Culture sur laine de roche 33
Système ouvert 33
Système fermé 34
Gestion de l'eau 35
Calendrier de fertilisation 37
Stérilisation des matelas 37
Système de culture sur film nutritif 37
Bassin collecteur 37
Système de pompage 38
Régulateurs de pH et de CE 38
Chauffage 39
Pasteurisation de la solution nutritive 39
Aération 39

Réseau d'alimentation et de retour de la solution nutritive 39
Rigoles 40
Phytotoxicité 41
Culture sur sol 41
Type de sol 41
Drainage 41
Lessivage du sol 41
Pasteurisation du sol 41
Matière organique 42
Maîtrise du pH 42
Irrigation goutte-à-goutte 43

5. Production des plants

Semence 44
Semis et germination 45
Culture des plants 46
Quand arroser 47

6. Culture de la tomate

Cultivars 48
Calendrier de culture 49
Semis 49
Production des plants 49
Espacement des plants 50
Taille et palissage 50
Taille des grappes 51
Pollinisation 51
Bourdons 52
Climat 53
Besoins nutritifs 54
Azote (N) 55
Potassium (K) 55
Phosphore (P) 55
Magnésium (Mg) 55
Calcium (Ca) 56
Soufre (S) 56
Fer (Fe) 56
Manganèse (Mn) 56
Cuivre (Cu) 56
Bore (B) 56
Zinc (Zn) 56
Molybdène (Mo) 56
Récolte et entreposage 56

7. Culture du concombre

Cultivars 59
Semis 60
Production des plants 60
Espacement des plants 60
Substrat 61
Taille et palissage 61
Éclaircissage 61
Climat 62
Récolte et entreposage 63

8. Culture du poivron

Cultivars 66
Calendrier de culture 66
Multiplication des plants 66
Semis 66
Production des plants 66
Espacement des plants 67
Substrat 67
Taille et tuteurage 67
Climat 68
Fructification 69
Récolte et entreposage 69

9. Culture de la laitue

Production des plants 71
Production de la culture 72
Climat 73
Récolte et entreposage 73

10. Maladies

Tomate 75
Maladies cryptogamiques de la tomate 75
Racines liégeuses
Fonte des semis précoce et fonte des semis tardive
Flétrissure fusarienne et flétrissure verticillienne
Pourriture fusarienne du collet et des racines
Moisissure grise (*Botrytis cinerea*)
Moisissure olive (*Fulvia fulva*)
Blanc (*Erysiphie orontii*)
Maladies bactériennes de la tomate 77
Chancre bactérien
Pourriture bactérienne de la tige
Maladies virales de la tomate 78
Virus de la mosaïque de la tomate
Mosaïque en lacet
Affections non parasitaires de la tomate 78
Pourriture apicale
Maturation inégale
Dommages causés par le 2,4-D
Face de chat
Bouffissure
Carences nutritives et toxicité
Fendillement
Concombre 79
Maladies cryptogamiques du concombre 79
Pourriture noire des racines
Fonte des semis précoce et fonte des semis tardive
Moisissure grise (*Botrytis cinerea*)
Pourriture gommeuse de la tige
Pourriture pénicillienne de la tige
Taches foliaires
Oïdium (blanc)
Mildiou
Pourriture fusarienne des racines et des tiges de concombre
Maladies bactériennes du concombre 82
Flétrissure bactérienne

Maladies virales du concombre 82
Virus de la mosaïque du concombre
Virus de la pseudo-jaunisse
Virus de la mosaïque du melon d'eau
Affections non parasitaires du concombre 82
Carences nutritionnelles et toxicité
Poivron 83
Maladies cryptogamiques du poivron 83
Pourriture fusarienne de la tige et du fruit
Oïdium ou blanc (*Leveillula taurica*)
Affections non parasitaires du poivron 83
Pied d'éléphant
Pourriture apicale
Insolation
Fendillement et fruits de forme allongée
Carences nutritionnelles et toxicité
Laitue 84
Maladies cryptogamiques de la laitue 84
Infections causées par *Pythium*
Affections physiologiques 84
Brûlure de la pointe
Taches de rouille

11. Lutte intégrée

Lutte intégrée contre les ennemis des cultures légumières en serre 85
Résistance 85
Répercussions environnementales 85
Dangers pour la santé et la sécurité de l'utilisateur 85
Dépistage 85
Pièges encollés 85
Inspection visuelle 86
Lutte culturale 86
Hygiène 86
Facteurs environnementaux 87
Lutte contre les mauvaises herbes 87
Herbicides 87
Cultivars résistants 88
Lutte physique 88
Pose de moustiquaires 88
Autres méthodes de lutte physiques 89
Ruban jaune encollé 89
Pièges lumineux 89
Lutte biologique 90
Lutte chimique 91
Résistance 91
Application de pesticides 93
Compatibilité des pesticides 93

12. Insectes et acariens nuisibles

Thrips 94
Aleurodes 96
Tétranyque à deux points 99
Pucerons 101
Fausse-arpenteuse du chou 103
Punaise terne 103
Pyrale du maïs 104
Sciarides/éphydridés 105
Mineuses 107
Ravageurs sporadiques des cultures de serre 108
Fourmis 108
Chenilles 109
Sauterelles 109
Acariens 109
Escargots et limaces 110
Cloportes 111
Collemboles 111
Chrysomèle rayée du concombre 111
Symphyles 111
Mineuse de la tomate 112
Ravageurs vertébrés 112
Nématodes parasites du système racinaire 113

13. Pesticides homologués pour les légumes de serre

..... 115

Annexes

Annexe A. Personnel-conseil du ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario 123
Annexe B. Bureaux de contrôle des pesticides — Ministère de l'Environnement de l'Ontario 123
Annexe C. Laboratoires d'analyse accrédités en Ontario 124
Annexe D. Autres ressources 125
Annexe E. Service de diagnostic 126
Annexe F. Système métrique 128

Liste des tableaux

1. Emploi sécuritaire des pesticides

TABLEAU 1–1. Organophosphorés et carbamates homologués pour les légumes de serre 5
TABLEAU 1–2. Fournisseurs de vêtements et d'équipement de protection en Ontario 8
TABLEAU 1–3. Lutte contre les nématodes 9
TABLEAU 1–4. Lutte contre les nématodes, les champignons, les insectes et certaines bactéries 9
TABLEAU 1–5. Classification des pesticides en Ontario 10
TABLEAU 1–6. Insecticides et acaricides 15
TABLEAU 1–7. Toxicité des fongicides 15
TABLEAU 1–8. Effets signalés des insecticides/acaricides homologués sur les agents de lutte 16
TABLEAU 1–9. Effets signalés des fongicides homologués sur les agents de lutte 16

2. Facteurs influençant la serriculture

TABLEAU 2–1. Table de conversion pour la lumière .. 25
TABLEAU 2–2. Teneur en eau de l'air à 18 °C sous différents taux d'HR 26
TABLEAU 2–3. Effet de la température sur l'air saturé d'eau 26
TABLEAU 2–4. Influences exercées sur la tension de vapeur 26
TABLEAU 2–5. DTV en fonction de la température et de l'HR 28
TABLEAU 2–6. Classement de la qualité de l'eau..... 29

3. Analyses

TABLEAU 3–1. Guide des concentrations d'éléments nutritifs dans les tissus foliaires 32
TABLEAU 3–2. Directives d'analyse des substrats utilisés dans les serres par la méthode des extraits boueux..... 32

4. Milieu de croissance

TABLEAU 4–1. Rapport temps-température nécessaire pour détruire les organismes nuisibles 42

5. Production des plants

TABLEAU 5–1. Températures de germination..... 45
TABLEAU 5–2. Temps de germination approximatif... 45

6. Culture de la tomate

TABLEAU 6–1. Températures de l'air recommandées (en °C) pour les tomates..... 53
TABLEAU 6–2. TOMATE : Sommaire des recommandations culturales 57
TABLEAU 6–3. Tableau de fertigation des tomates 58

7. Culture du concombre

TABLEAU 7–1. Charge fruitière des jeunes plants de concombre 62
TABLEAU 7–2. Régime de températures pour la culture du concombre 63
TABLEAU 7–3. CONCOMBRE : Sommaire des recommandations culturales 64
TABLEAU 7–4. Tableau de fertigation des concombres 65

8. Culture du poivron

TABLEAU 8–1. Calendrier de culture du poivron..... 66
TABLEAU 8–2. POIVRON : Sommaire des recommandations culturales 69
TABLEAU 8–3. Tableau de fertigation des poivrons 70

9. Culture de la laitue

TABLEAU 9–1. Tableau de fertigation de la laitue cultivée sur film nutritif 74

11. Lutte intégrée

TABLEAU 11–1. Sommaire des agents de lutte biologique contre les principaux ravageurs des cultures abritées..... 92

13. Pesticides homologués pour les légumes de serre

TABLEAU 13–1. Insectes et acariens nuisibles de la tomate 115
TABLEAU 13–2. Maladies de la tomate..... 116
TABLEAU 13–3. Insectes et acariens nuisibles du concombre 117
TABLEAU 13–4. Maladies du concombre..... 118
TABLEAU 13–5. Insectes et acariens nuisibles du poivron 119
TABLEAU 13–6. Maladies du poivron 120
TABLEAU 13–7. Insectes et acariens nuisibles de la laitue 120
TABLEAU 13–8. Maladies de la laitue..... 121

Liste des figures

2. Facteurs influençant la serriculture

FIGURE 2-1. Profil de température pour les cultures en serre - temps ensoleillé 21
FIGURE 2-2. Profil de température pour les cultures en serre - temps nuageux 21
FIGURE 2-3. Heures d'ensoleillement (moyenne sur 75 ans) 23
FIGURE 2-4. Moyenne hebdomadaire de la radiation solaire quotidienne 23
FIGURE 2-5. Radiation globale (moyenne sur 10 ans) 24
FIGURE 2-6. Transmission de la lumière par le verre et le polyéthylène double épaisseur 24
FIGURE 2-7. Quantités d'eau nécessaires aux légumes de serre 30

4. Milieu de croissance

FIGURE 4-1. Schéma d'un système ouvert de culture sur laine de roche 34
FIGURE 4-2. Schéma d'un système fermé de culture sur laine de roche 34
FIGURE 4-3. Fentes de drainage dans les matelas servant à la culture du concombre 35
FIGURE 4-4. Mesure du taux de lixiviation 36
FIGURE 4-5. Schéma d'un système de culture sur film nutrifif 38
FIGURE 4-6. Schéma du réseau d'alimentation et de retour de la solution nutritive 40

7. Culture du concombre

FIGURE 7-1. Système 1 de taille des concombres 62
FIGURE 7-2. Système 2 de taille des concombres 63

9. Culture de la laitue

FIGURE 9-1. Rendement projeté de la laitue pour le sud-ouest de l'Ontario 71
FIGURE 9-2. Système de culture sur film nutritif de la laitue 72
FIGURE 9-3. Système de culture en bassin 73

1. Emploi sécuritaire des pesticides

Précautions générales

- Toujours lire l'étiquette avant d'ouvrir un contenant de pesticide et observer toutes les précautions et le mode d'emploi.

- Noter par écrit les noms communs de tous les pesticides qu'on s'apprête à manipuler, en particulier ceux qui sont classés comme dangereux dans la présente publication. Cette liste doit être connue des membres de l'entourage en prévision d'un éventuel accident.

- S'abstenir de fumer, de chiquer ou de manger pendant la manipulation ou la pulvérisation de pesticides. Ne pas garder de tabac ou d'aliments dans les poches des vêtements portés pendant le traitement.

- Changer de tenue et se laver avant de manger.

- Pendant la manipulation de concentrés de pesticides, le rinçage des contenants vides ou la réparation des fuites, il faut porter une tenue de protection complète comprenant un chapeau imperméable, une combinaison, des gants et bottes en matériau imperméable, et des lunettes de sécurité.

- Porter un respirateur pendant la manipulation de pesticides à toxicité élevée ou extrême, ou pour l'utilisation de formulations très pulvérulentes. Les masques anti-poussière sont conseillés pour la manipulation de produits pulvérulents. Quand on travaille avec des produits volatils ou gazeux, il faut absolument porter un respirateur. On devrait même porter un masque à gaz autonome si l'on utilise un gaz très dangereux dans un endroit clos. Il faut obligatoirement suivre les directives qui figurent sur l'étiquette du produit.

- Employer un dispositif anti-refoulement qui empêche le liquide de retourner à la source pendant les opérations de pompage de l'eau dans un puits, un étang, un ruisseau ou autre point d'eau.

- Faire le mélange de la bouille à une distance d'au moins 50 m de tout point d'eau. Rincer le contenant vide trois fois ou le rincer au jet sous pression et verser l'eau de rinçage dans la cuve du pulvérisateur. Ne préparer que la quantité de bouillie nécessaire au traitement envisagé.

- Une fois la cuve remplie et la bouillie préparée, laver les gants et les bottes au savon et à l'eau propre avant de les retirer.

Il faut toujours lire l'étiquette et suivre les directives du fabricant.

- Pour effectuer la pulvérisation, utiliser un tracteur avec cabine munie d'un filtre au charbon.

- On doit porter des gants, des bottes, une combinaison et un chapeau imperméables pendant qu'on répare les fuites.

- Si l'on traite avec des pulvérisateurs à air forcé ou des atomiseurs tractés par un tracteur sans cabine, il est recommandé de porter une tenue imperméable, ainsi qu'un chapeau, des gants et des bottes imperméables.

- Quand on effectue des fumigations dans la serre, il faut avoir sous la main un respirateur que l'on portera en cas de panne du matériel ou de fuite de fumigant due à une injection inadéquate ou lorsque le sol laisse le fumigant s'échapper.

- Quand la pulvérisation est terminée, prendre un bain ou une douche afin de débarrasser la peau de

tout dépôt de pesticides. Ne toucher à rien dans la maison avant de s'être lavé.

Prévenir la contamination des sources d'eau sur la ferme

Puits, étangs et eaux de surface peuvent devenir contaminés par des pesticides. La contamination des eaux de surface par un pesticide constitue un délit. Les étapes suivantes aideront à prévenir la contamination :

- Garder les concentrés de pesticides dans un entrepôt verrouillé situé au-dessus du niveau des eaux de crue.
- Écraser et jeter les contenants vides après les avoir rincés trois fois à l'eau courante ou une fois avec un jet d'eau sous pression.
- Retourner les contenants en plastique ou en métal vides à un fournisseur qui participe à un programme de recyclage.
- Les sacs vides peuvent être brûlés ou jetés dans un dépotoir.
- Faire le mélange des bouillies et le remplissage du pulvérisateur à une distance d'au moins 50 m de tout point d'eau.
- Prévoir des zones tampons et des talus appropriés pour éviter de contaminer les eaux de surface, les puits, les étangs et les cours d'eau.
- Éviter de remplir les appareils de pulvérisation à partir de sources d'eau potable. S'il faut absolument remplir la cuve à partir d'un puits, d'un lac, d'une rivière ou de toute autre source d'eau de surface, utiliser obligatoirement un dispositif anti-refoulement.
- Lorsqu'on pulvérise des pesticides près de la serre :
  - — N'effectuer aucune pulvérisation à moins de 10 m d'un puits peu profond (5 à 10 m pour les autres sources d'eau) lorsque les conditions sont idéales. Prévoir une distance plus grande lorsqu'il y a du vent.
  - — Cesser toute pulvérisation lorsque la vélocité du vent atteint 10 km/h.

En cas d'accident

1. **Protégez-vous toujours en premier.** Il ne faut pas devenir soi-même victime en voulant porter secours à quelqu'un. Portez les vêtements et l'équipement de protection nécessaires avant d'entrer dans un endroit contaminé ou de toucher à une victime contaminée par un pesticide.

   Enlevez immédiatement tout vêtement qui devient contaminé; lavez-vous et enfilez des vêtements propres.

2. Vérifiez si la victime respire.

   Si la victime ne respire pas :
   - — Veillez à ce que les voies respiratoires de la victime soient bien en ligne droite; chechez des signes de respiration.
   - — Si la victime ne respire toujours pas, donnez-lui la respiration artificielle jusqu'à ce qu'elle commence à respirer d'elle-même.
   - — Évitez de vous contaminer et prenez toutes les précautions nécessaires, particulièrement si la victime a des traces de pesticide ou de vomissures près de la bouche. Utilisez un écran facial muni d'un clapet unidirectionnel vers les voies respiratoires. N'inspirez pas l'air provenant des poumons de la victime.
   - — Pratiquez la réanimation cardio-respiratoire (RCR) si le pouls de la victime devient imperceptible. Ne tentez pas d'appliquer cette technique si vous n'êtes qualifié en RCR.

   Si la victime respire mais a perdu connaissance :
   - — Placez la victime dans la position de récupération (sur le côté, la tête légèrement tourné de côté). Si la victime vomit, essayez de garder ses voies respiratoires dégagées.

3. Cessez tout contact avec le pesticide. Éloignez la victime de l'endroit contaminé. Débarrassez-la de tout vêtement contaminé. Lavez à l'eau et au savon toute surface de la peau qui est venue en contact avec le pesticide.

4. Cherchez l'information sur les quatre points suivants :
   - — **Le pesticide** — Cherchez l'emballage, le contenant ou tout restant de pesticide.

— **Quantité** — La victime a pu venir en contact avec quelle quantité de produit?
— **Voie de pénétration** — Comment le pesticide a-t-il pénétré dans l'organisme? Par la bouche, la peau, les yeux ou les poumons?
— **Temps** — Combien de temps s'est-il écoulé depuis l'exposition au pesticide, et combien de temps a pu durer cette exposition? Les symptômes sont-ils apparus immédiatement, ou l'empoisonnement est-il le résultat d'une utilisation répétée, pendant un certain temps?

Ne perdez aucun temps. Si vous ne pouvez pas répondre à ces questions rapidement, soyez prêt à donner tous les renseignements que vous connaissez au personnel d'urgence.

5. Appelez une ambulance ou un Centre anti-poisons.

6. Prodiguez sans tarder les premiers soins nécessaires en fonction de la voie de pénétration.

7. Assurez-vous que la victime reçoive l'aide d'un médecin. Les premiers soins ne sauraient remplacer l'aide d'un médecin qualifié.

Décontamination personnelle

- Lavez gants, bottes et respirateur avant de les enlever.

- Retirez tous vos vêtements, y compris vos sous-vêtements, immédiatement après l'emploi d'un pesticide et lavez à grande eau et au savon tout endroit de la peau contaminé.

- Faites tremper vos vêtements sans tarder et lavez-les deux fois de suite le plus tôt possible.

- Si le déversement a été grave, placez les vêtements dans un sac de plastique et jetez-les de façon sécuritaire.

- Lavez gants, bottes et respirateur une seconde fois.

- Retirez immédiatement tout vêtement qui devient mouillé par un pesticide, lavez-vous et enfilez des vêtements propres.

- Si des symptômes de malaise se manifestent pendant ou peu de temps après la manipulation de pesticides, allez à l'hôpital. Apportez avec vous la liste des noms communs des produits chimiques manipulés. (Référez-vous aux *Mesures d'urgences et premiers soins en cas d'empoisonnement par un pesticide*, sur la 3e page de couverture.)

Si un pesticide se répand sur vos vêtements, enlevez-les immédiatement!

- Nettoyez les déversements de pesticides sans délai.

- S'il s'agit d'un déversement de faible importance, versez par-dessus de la terre sèche ou un autre matériau absorbant, comme de la litière pour chats, pour absorber l'excédent de liquide. Ramassez les poudres et les granules à l'aide d'un balai.

- Éparpillez le sol contaminé et les détritus sur une grande surface de sol dénudé afin d'en accélérer la dégradation.

- Assurez-vous d'être bien protégé pendant le ramassage.

- Pour en savoir plus long sur la prévention des déversements, référez-vous à la fiche technique du MAARO *Comment éviter les déversements accidentels de pesticides*, commande n° 96-026.

- Tout déversement de pesticides susceptible de causer des torts doit être obligatoirement signalé au ministère de l'Environnement, Centre d'intervention en cas de déversement, 5775 rue Yonge, Pièce 1005, Toronto, Ontario, M2M 4J1, 416 325-3000 ou 1 800 268-6060.

- Si un puits est touché par une contamination, suivre les directives qui figurent dans la fiche technique du MAARO *Contamination des sources d'approvisionnement en eau par les pesticides*, commande n° 00-100.

Mesures d'urgence et premiers soins en cas d'empoisonnement par les pesticides : Consultez la 3e page de couverture du présent guide.

Toxicité relative à l'égard de l'utilisateur

Définitions des niveaux de toxicité

Dose létale 50 % (DL_{50})
La dose qui, lorsque administrée, tue 50 % des animaux de laboratoire dans une période donnée.

Toxicité aiguë
Troubles de la santé immédiats résultant d'une seule ou d'une brève mise en contact avec une substance nocive, par voie cutanée, par inhalation ou par ingestion.

Toxicité aiguë élevée
Cette classe de pesticides présente des risques extrêmes si on les manipule imprudemment. La DL_{50} par voie buccale est inférieure à 50 mg/kg de poids corporel et, par voie cutanée, elle est inférieure à 200 mg/kg.

- L'ingestion d'une quantité quelconque allant de moins que 0,1 mL jusqu'à 3 mL selon les cas (une goutte à une demi-cuiller à thé) de ces pesticides peut être mortelle.
- Les contenants de ces produits portent le signe constitué d'un panneau STOP et de la tête de mort.
- Quand on travaille avec ces produits, il faut absolument porter un respirateur et des lunettes de sécurité en plus de la tenue protectrice complète.

Toxicité aiguë modérée
Ces pesticides sont dangereux si on les manipule imprudemment. La DL_{50} par voie buccale est de 50–500 mg/kg de poids corporel et, par voie cutanée, elle est de 200–2000 mg/kg.

- L'ingestion de 3–30 mL (une demi-cuiller à thé à deux cuillers à table) de ces produits peut être mortelle.
- Le contenant de ces pesticides porte le signe constitué du panneau STOP et de la tête de mort.
- Quand on travaille avec ces produits, il est recommandé de porter une respirateur.

Toxicité aiguë faible
Ces pesticides ne sont mortels que si on en avale délibérément plus de 30 mL (1 oz). La DL_{50} par voie buccale est supérieure à 500 mg/kg de poids corporel et, par voie cutanée, elle est supérieure à 2000 mg/kg.

- Il faut tout de même les manipuler avec précaution.
- Il faut aussi porter des vêtements protecteurs.
- Il est recommandé de se protéger les yeux avec des lunettes de sécurité et, quand on fait une pulvérisation dans un endroit clos, d'utiliser un respirateur.

Toxicité chronique
Elle donne des effets nocifs à la suite de mises en contact répétés avec un produit pendant une longue période.

Il n'est pas possible d'évaluer la toxicité chronique d'un pesticide de la même manière que la DL_{50} est utilisée pour déterminer la toxicité aiguë. Au lieu de cela, on exécute une série de tests sur des animaux de laboratoire pour aider à prédire si un pesticide causera certains effets à long terme.

- L'examen des animaux permet de déceler une large gamme d'effets toxiques comme l'apparition de tumeurs ou d'anomalies.
- Des tenues de protection et un équipement protecteur sont à conseiller afin de réduire le contact et les risques d'effets chroniques.

Retour dans un champ après une pulvérisation

Les personnes qui entrent trop tôt dans une serre après la pulvérisation peuvent s'empoisonner si elles ne portent pas des vêtements spéciaux et l'équipement de protection. La manipulation de plants traités et l'inspiration de gaz de pesticide sont deux modes possibles d'empoisonnement. Pour tous les pesticides énumérés plus bas, il faut attendre la période minimale précisée avant de retourner sans aucune protection dans un champ traité.

Avid	Ne pas retourner dans l'endroit traité avant que les résidus se soient desséchés.
Exotherm Termil	La serre doit être ventilée durant au moins 2 heures avant qu'on y retourne.
Nova	Ne pas retourner dans l'endroit traité avant que les résidus se soient desséchés.
Previcur	Ne pas retourner dans l'endroit traitédans les 12 heures qui suivent le traitement.
Parathion	Bien ventiler la serre après la fumigation.

Analyse de sang chez les personnes utilisant des pesticides

Les *organophosphorés* et les *carbamates* sont susceptibles de réduire la teneur de la chilonestérase dans le sérum et les globules rouges. Si l'activité de cet enzyme chute au-dessous d'une valeur critique, il peut en résulter un empoisonnement. Les symptômes comprennent la fatigue, des étourdissements, des nausées, des tremblements, des troubles de la vue et de la difficulté à respirer.

Il est fortement recommandé aux personnes qui utilisent des tels pesticides de faire vérifier leurs teneurs en cholinestérase. Les tests doivent débuter avant l'utilisation de ces produits puisque le niveau normal varie considérablement avec les personnes, ce qui rend difficile l'évaluation du degré d'inactivation. Les insecticides les plus inquiétants qui figurent dans cette publication sont énumérés dans le tableau 1-1 ci-dessous.

TABLEAU 1–1. Organophosphorés et carbamates homologués pour les légumes de serre

Organophosphorés	Carbamates
Basudin ou Diazinon	Thiodan
Dibrom	Previcur
Malathion	
Parathion	

Tenue de protection pour l'utilisation de pesticides en plein air

Pourquoi porter une tenue de protection?

Les formulations de pesticide varient en toxicité de légèrement à extrêmement toxiques. Dès que le pesticide est sorti de son contenant, il présente un danger. Le danger pour l'opérateur varie d'une pulvérisation à l'autre selon la toxicité du pesticide utilisé et le contact de l'opérateur avec le produit. Ces deux facteurs peuvent être réduits : la toxicité par la dilution, et le contact par une bonne tenue de protection.

Les moyens de protection que l'opérateur prend pour réduire le danger au moment des pulvérisations réduit aussi les risques d'empoisonnement. En portant la tenue protectrice nécessaire, on peut réduire le danger au minimum.

Réduction de l'exposition

Le contact peut se faire par la peau, les yeux, la bouche ou le nez. Pour ce qui est des traitements, environ 80–85 % des risques de contact avec le produit sont liés au remplissage et au mélange. Le traitement au champ compte en général pour 15–20 % des risques. Les risques de contacts cutanés sont en général de 90–100 % du total, dont environ 70 % concernent les mains et les avant-bras, les autres 30 % touchant le reste du corps. L'inhalation (nez et bouche) compte normalement pour 0,1 % des risques, mais ce chiffre s'élève à 5–10 % avec les atomiseurs et les pulvérisateurs à air forcé.

Étape	Niveau de danger
Manipulation du concentré et mélange de la bouillie	très élevé
Rinçage des contenants vides	élevé
Traitement en plein air	faible à élevé
Traitement sous abri	moyen à très élevé
Nettoyage, rinçage du matériel	moyen à élevé
Retour à la zone traitée dans les 48 heures	faible à très élevé

Vêtements de protection

- Pour réduire les risques de contact cutané (avec la peau), il faut porter des gants imperméables. Il faut toujours se référer aux directives du fabricant. Mis à part le cas des produits dont l'étiquette prescrit un autre matériau, les gants faits de néophrène ou de nitrile sont conseillés. On doit aussi se chausser de bottes imperméables en plus d'une combinaison, d'un tablier de protection ou d'une tenue spéciale, et d'un chapeau imperméable.

- Les combinaisons peuvent être réutilisables ou jetables. Les combinaisons réutilisables sont habituellement faites de coton ou de polyester; elles devraient aussi être à tissage serré. Il faut souligner que le polyester se laisse imbiber plus facilement que le coton. Les combinaisons réutilisables sont faites de polyéthylène et peuvent être lavées plusieurs fois. Il faut porter une tenue spéciale quand on travaille dans des conditions très dangereuses comme c'est le cas des traitements faits au moyen d'atomiseurs et de pulvérisateurs à air forcé.

- Il est recommandé de se protéger les yeux quand on manipule tout concentré pesticide, quel qu'il soit.

Respirateur

- Le port du respirateur est vivement recommandé quand on manipule des pesticides dont l'étiquette souligne les besoins d'une protection respiratoire et arbore une tête de mort.

- Il faut porter un respirateur chaque fois que l'on traite avec des pesticides à toxicité élevée ou avec du gaz liquifié.

- Les respirateurs à filtres et les masques à gaz autonomes se vendent dans une vaste gamme de formes et de tailles. Consulter l'emballage du produit et un fournisseur d'accessoires de sécurité.

- S'assurer qu'un autocollant portant les lettres NIOSH est apposé sur la cartouche, indiquant par là qu'elle est approuvée par l'institut national pour la santé et l'hygiène professionnelles des États-Unis.

Lavage des vêtements de protection

- Le nettoyage méticuleux des vêtements et de l'équipement de protection permet de les garder efficaces.

- Empêcher en tout temps les enfants et les animaux de compagnie de toucher aux vêtements ou à l'équipement contaminé.

- À cette fin, il faut laver sans tarder les vêtements et autres articles de protection personnels avant de les ranger. Le matériel doit être rincé et rangé hors de portée des enfants.

Vêtements de tissu

- Porter des gants de nitrile ou de néoprène pour manipuler des vêtements fortement contaminés.

- Il faut jeter tout vêtement saturé d'un concentré de pesticide fortement toxique.

- On doit enlever le vêtement avec précaution et le placer dans un sac à ordure en plastique avant de l'éliminer de façon sécuritaire.

Pour les pulvérisations habituelles, suivre les directives ci-dessous, de préférence deux fois par jour ou, à tout le moins, une fois à la fin de la journée de travail :

- Rincer d'abord les vêtements à l'extérieur;

- Laver séparément les vêtements contaminés des autres vêtements;

- Faire tremper les vêtements protecteurs avec du détergent dans un contenant approprié comme un grand seau ou une cuve, ou utiliser le cycle de prélavage d'une laveuse automatique en ajoutant du détergent. Les produits de prélavage à base de solvents délogent les formulations de concentrés émulsifiables (EC);

- Laver seulement un petit nombre de vêtements contaminés à la fois;

- Employer des détergents liquides pour grosse lessive;

- Laver à l'eau chaude, avec le volume d'eau le plus grand et au cycle de superlavage;

- Répéter le cycle complet de lavage deux fois, en rinçant deux fois à chaque occasion;

- Après le lavage, faire fonctionner la machine durant un cycle complet avec seulement le détergent pour décontaminer l'appareil;

- Sécher les vêtements sur une corde pour éviter l'accumulation de résidus de pesticides dans la sécheuse.

Bottes et gants de caoutchouc, de vinyle ou de plastique

- Laver l'extérieur des bottes et des gants avec de l'eau et du détergent avant de les retirer afin d'éviter le contact du pesticide avec les mains.

- Une fois enlevés, laver l'intérieur et l'extérieur des bottes et des gants avec de l'eau et du détergent, puis rincer et laisser sécher dans un endroit bien aéré.

Masque facial, lunettes protectrices et vêtements résistant aux produits chimiques

- Laver les vêtements et le matériel de plastique ou de caoutchouc avec de l'eau et du détergent puis rincer abondamment.

- Mettre ces articles à sécher dans un endroit bien aéré.

Cartouches et filtres de respirateurs

- Il faut jeter les cartouches, les boîtes filtrantes et les coussinets du filtre lorsque la respiration devient difficile, qu'une odeur de pesticide est décelable ou que le temps est venu selon des intervalles spécifiés par le fabricant.

- Prendre note de la date de la première utilisation de la nouvelle cartouche.

- Retirer les cartouches et les coussinets du filtre de la pièce faciale et les ranger dans un sac de plastique propre et scellé.

- Laver la pièce faciale avec de l'eau et du détergent, puis rincer abondamment et sécher dans un endroit bien aéré.

- N'utiliser jamais d'alcool ou d'autres solvants pour nettoyer : cela endommagerait le caoutchouc et le plastique.

Tenue de protection pour l'emploi dans des lieux clos

Masques à gaz à cartouche

- Les masques à gaz à cartouche protègent les voies respiratoires contre certains gaz, vapeurs et poudres nocifs.

- À toute fin utile, les masques à gaz à cartouche conviennent en général dans les endroits où le renouvellement d'air est lent. Ils ne doivent en aucun cas être utilisés dans les endroits clos où la raréfaction de l'oxygène et des concentrations élevées de gaz sont possibles.

Masque à gaz autonome

- Les appareils à filtre ne conviennent pas dans les endroits clos où les concentrations de gaz sont anormalement élevées. L'oxygène peut s'y raréfier et l'atmosphère devenir mortelle. L'opérateur a alors besoin d'un apport d'air par l'intermédiaire d'un masque à gaz autonome (p. ex. le Scott Air Pack).

- L'emploi de substances qui dégagent du cyanure d'hydrogène, du bromure de méthyle, de la chloropicrine ou de la phosphine peut donner lieu à de fortes concentrations de gaz et à une raréfaction de l'oxygène; c'est le cas des générateurs de fumée et même des générateurs de brouillard dans lesquels on utilise des pesticides à forte toxicité; c'est aussi le cas de certains aérosols volatils. Dans de telles situations, il faut utiliser un masque à gaz autonome.

Autres vêtements de protection

- Porter tous les vêtements de protection qui sont recommandés sur l'étiquette.

Conditions de travail

- On peut utiliser les masques à gaz à cartouche quand l'air ambiant contient des concentrations faibles de substances toxiques, gaz, vapeurs ou poudres provenant d'une désinfection par détrempage du sol, d'un épandage de granulés, d'un poudrage ou d'une pulvérisation foliaire. Les pesticides appliqués de cette manière ont en général une toxicité faible ou modérée.

- Il faut absolument porter un masque à gaz autonome (p. ex. le Scott Air Pack) quand on travaille avec des pesticides dont la toxicité est élevée. Il peut se produire de fortes concentrations de substances toxiques, telles que gaz, vapeurs ou matières nocives et une raréfaction de l'oxygène, particulièrement dans les espaces clos (p. ex. traitement dans la serre).

TABLEAU 1–2. Fournisseurs de vêtements et d'équipement de protection en Ontario

Fabricant	Fournisseur	Succursales	Téléphone
Optical	Aearo Canada Ltd. 7115, ch. Tomken Mississauga, ON L5S 1X7	Mississauga, Gravenhurst	905 795-0700 1-888-387-9681
H.S. Cover Survivair	Levitt-Safety Ltd. 2872, Bristol Circle Oakville, ON L6H 5T5	Kitchener, London, Oakville, Ottawa, Sarnia, Stoney Creek, Sudbury, Thunder Bay	905 829-3299 1-888-453-8488
Kasco Helmets	The St. George Co., C.P. 430, 20 prom. Consolidated Paris, ON N3L 3T5	www.thestgeorgeco.com	(519) 442-2046 1-800-461-4299
Mine Safety Appliances	MSA Canada Inc. 148, prom. Norfinch Toronto, ON M3N 1X8		416 667-9400 1-800-267-0672
3M Canada Inc. Produits pour la sécurité des travailleurs et de l'environnement	De nombreux fournisseurs. S'adresser à C.P. 5757 London, ON N6A 4T1		(519) 451-2500
North Safety Products Ltd.	26, Dansk Court Toronto, ON M9W 5V8		416 675-2810 1-800-268-6925
Racal Airstream, Scott, Willson	Acklands-Grainger Inc. 90, ch. Beaver Creek Ouest Richmond Hill, ON L4B 1E7	Hamilton, Kingston, Kitchener, London, St. Catharines, Sarnia, South Porcupine, Thunder Bay, Windsor	1-800-387-5744
Medical Safety First Aid	Kit Care Corp. 91, rue Kelfield, Unité 6 Toronto, ON M9W 5A3	Kitchener, London, Orillia, Ottawa, St. Catharines, Stoney Creek	416 243-3030

Nombre de ces entreprises vendent aussi par l'intermédiaire de concessionnaires. Pour plus de renseignements, s'adresser au fabricant de son choix.

- S'adresser à un fournisseur d'accessoires de sécurité afin de connaître ses recommandations. Voir le tableau 1-2.

Fumigants et fumées insecticides employés sous abri

- Quand on utilise des fumigants ou des générateurs de fumée insecticide, il faut porter des vêtements protecteurs spéciaux pour empêcher la contamination par voie cutanée ou par inhalation. Pendant et après le traitement, il faut fermer à clé la serre et le bâtiment, et apposer à l'extérieur une pancarte signalant le danger.

- Observer les directives relatives à la ventilation des serres et endroits clos avant d'autoriser l'accès de quiconque à ces lieux.

Utilisation de fumigants

- En vertu de la *Loi sur les pesticides*, tout agriculteur doit obtenir un permis avnt d'utiliser du bromure de méthyle ajouté à de la chloropicrine ou à du phosphure d'aluminium pour fumiger une serre.

- On fait une demande de permis en s'adressant au responsable des pesticides à un bureau régional du ministère de l'Environnement de l'Ontario.

Il faut être parfaitement au courant du danger et de la toxicité que présente le pesticide qu'on utilise. Se référer à l'emballage du produit, à la fiche signalétique du produit, ou au fabricant. La fiche signalétique de chaque produit se trouve sur le site Web du fabricant.

- Par mesure de sécurité, une deuxième personne protégée par tout le matériel de protection individuelle nécessaire doit assister à l'opération.

- Toujours se référer à l'emballage du produit.

- Ne pas porter de gants pendant la manipulation du bromure de méthyle, car le gaz risquerait de rester

enfermé près de la peau. Porter obligatoirement un respirateur qui couvre tout le visage et qui est muni d'une cartouche contre les vapeurs organiques ou un respirateur à pression positive intermittente.

- Il est recommandé de porter des gants de coton et un respirateur couvrant tout le visage et muni d'une cartouche contre les vapeurs acides pendant la manipulation du phosphure d'aluminium.

- Pour plus d'information, consulter les méthodes préconisées par le ministère de l'Environnement de l'Ontario dans la publication intitulée *Methyl Bromide Structure Fumigation Procedures and Aluminum Phosphide Structure Fumigation Procedures*.

Fumigants

Les fumigants tels que le Basamid, le bromure de méthyle, le Telone, le Vapam, et le Vorlex peuvent être utilisés pour la pasteurisation de la terre destinée à l'empotage, aux lits de culture ou aux banquettes de serre. Chacun de ces fumigants est prescrit à une dose précise pour combattre insectes, maladies, nématodes et mauvaises herbes transmis par le sol. Il faut noter que certaines formulations sont moins efficaces contre certains types de parasites — c'est pourquoi il faut toujours se référer aux directives du fabricant. Il faut aussi s'assurer que les cultures des banquettes et lits avoisinants sont protégées contre tout fumigant qui s'échapperait accidentellement du sol.

Les fumigants énumérés ci-dessous sont efficaces pour le traitement en préplantation des lits de serre. Les quantités prescrites sont utilisées sur 100 m^2 :

TABLEAU 1–3. Lutte contre les nématodes

Telone IIB	2,0 L
Telone C-17	2,0 L
Vorlex Plus	2,5 L

Entreposage des pesticides

- La *Loi sur les pesticides* (Ontario) et le règlement 914 font obligation de ranger tous les pesticides hors de portée des enfants, des personnes irresponsables, des animaux d'agrément et du bétail. Les pesticides doivent être gardés dans un local fermant à clé, loin des aliments pour humains ou pour bétail.

TABLEAU 1–4. Lutte contre les nématodes, les champignons, les insectes et certaines bactéries

Basamid (granulés)	3,25–5 kg incorporé jusqu'à 15–23 cm de profondeur
Vapam (liquide)	10 L
Vorlex Plus (liquide)	6 L
Bromure de méthyle/ chloropicrine	Cannettes sous pression 98 %/2 % : 7,5–10 kg
	Injectable 68 %/31,8 % : 2,5–3,65 kg

- Il convient de ranger les herbicides à l'écart des autres pesticides pour éviter une contamination réciproque.

- On doit toujours garder les pesticides dans leurs contenants d'origine, bien fermés.

- Ne jamais transférer de pesticides dans des contenants sans en identifier clairement le contenu.

- Dans les zones sujettes aux inondations, il faut entreposer les engrais et les pesticides plus haut que le niveau des eaux de crue afin d'éviter que ces produits ne contaminent l'eau.

- Comme on l'a déjà vu par le passé, la contamination de l'eau par ces produits chimiques peut menacer gravement la santé des humains et des animaux domestiques, et nuire aux poissons et à la faune.

- Se référer à la fiche du MAAARO *Entrepôt de pesticides*, commande n° 94-038.

Pesticides inscrits aux annexes 1, 2 et 5

- Les pesticides inscrits aux annexes 1, 2 et 5 de la Loi doivent être conservés dans un local fermant à clé et dont la ventilation débouche sur l'extérieur.

- Il faut poser à l'extérieur de chaque porte d'accès une pancarte portant l'avertissement « ATTENTION : PRODUITS CHIMIQUES — ACCÈS RÉGLEMENTÉ » en lettres majuscules.

- Seuls ont accès au local l'agriculteur certifié ou une personne travaillant sous la surveillance de ce dernier.

Élimination des contenants de pesticides et des matériaux contaminés

- Il faut brûler ou jeter dans un dépotoir les contenants et emballages de pesticides faits de papier ou de carton, ainsi que tout autre matériau en papier ayant servi à nettoyer des éclaboussures ou des déversements.

- Il faut veiller à ce que les gens et les animaux ne s'approchent pas de la fumée et s'assurer que celle-ci ne se dirige pas vers des bâtiments, des routes ou des chemins, ou tout endroit fréquenté.

- Les contenants plastiques ne doivent pas être brûlés.

- Les contenants non rincés contiennent parfois jusqu'à 3 % du volume initial de produit. Si cette quantité de pesticide toxique est rejetée avec le contenant, elle présente un danger pour les personnes susceptibles de le manipuler ainsi que pour l'environnement (l'approvisionnement en eau par exemple).

- Rincer tous les contenants de métal ou de verre trois fois, et verser l'eau de rinçage dans la cuve du pulvérisateur. On peut aussi utiliser des dispositifs de rinçage pour percer un trou au fond du contenant et faciliter le transvasement de l'eau de rinçage dans la cuve. Ce travail prend moins d'une minute.

- Retourner le contenant rincé à n'importe quel fournisseur qui participe à un programme de cueillette et de recyclage de contenants de pesticides.

- Pour éliminer des produits contaminés ou qui ne servent plus :

  — Communiquer avec le fournisseur local car il est parfois possible de retourner le pesticide inutilisé qui se trouve encore dans son contenant d'origine;
  — Communiquer avec Safety-Kleen, à London, Ontario, au (519) 451-6630 — le ministère de l'Environnement de l'Ontario a conclu une entente avec Safety-Kleen selon laquelle l'élimination est financée par l'utilisateur;
  — Prendre des arrangements avec un camionneur détenant un permis pour transporter des substances toxiques (en vertu de la *Loi sur la protection de l'environnement*). Consulter les pages jaunes le l'annuaire sous la rubrique *Déchets — Enlèvement*, ou communiquer avec un bureau régional du ministère de l'Environnement de l'Ontario pour plus d'information. Les journaux et revues professionnelles annoncent habituellement les programmes de collecte de pesticides et de contenants. Il n'en coûte rien au producteur pour se débarrasser de ses contenants vides ou inutilisés (grosseur maximum de 25 L) de pesticides lors des journées spéciales de collecte.

TABLEAU 1–5. Classification des pesticides en Ontario

Annexe	Classe de pesticides	Personnes autorisées à utiliser ces pesticides
1	Restreinte	Utilisateur détenant un permis ou agriculteur ayant un certificat à l'approbation du permis.
2	Secteur de l'extermination des parasites, et agriculture	Utilisateur détenant un permis ou agriculteur ayant un certificat.
3	Consommateur, secteur de l'extermination des parasites, et agriculture	Consommateur, utilisateur détenant un permis et agriculteur ayant un certificat.
4	Sans restrictions	Consommateur, utilisateur détenant un permis et agriculteur ayant un certificat.
5	Agricole	Utilisateur détenant un permis, à l'approbation de ce permis, et agriculteur ayant un certificat.
6	Permis global pour institutions	Consommateur, utilisateur détenant un permis et agriculteur ayant un certificat.

Matériel de traitement phytosanitaire

Pulvérisation

- La pulvérisation est l'une des méthodes les plus communément utilisées et les plus efficaces pour l'application des pesticides.
- Les buses doivent être propres et la pression maintenue constante afin de produire une pulvérisation fine qui recouvrira le feuillage de façon uniforme lorsqu'il est aspergé jusqu'au point de ruissellement.
- L'objectif est d'obtenir un recouvrement total; s'assurer de bien mouiller tant la face inférieure que la face supérieure des feuilles.

Brumes

- Les brumes (ou brouillards) sont produites par plusieurs types d'appareils.
- Ceux-ci utilisent tous la chaleur provenant de différentes sources pour vaporiser le pesticide.
- La brumisation peut s'avérer une méthode d'application des pesticides très efficace pourvu que l'opérateur respecte certaines directives fondamentales.

Épandage de granulés

- Il y a sur le marché plusieurs types d'épandeurs pour l'application de granulés.
- S'assurer que l'appareil ne broie ni ne concasse les granules.

Fumées

- Les fumées constituent un moyen simple mais très efficace d'appliquer des pesticides.
- Aucun matériel n'est nécessaire; les cannettes sont simplement placées dans l'allée et amorcées.
- Il est déconseillé aux producteurs d'utiliser des fumées dans les vieilles serres, desquelles il peut y avoir des fuites ou par grand vent.
- Écarter tout matériau combustible (comme la paille) des cannettes amorcées.

Ultra bas volume

- Il existe plusieurs types de pulvérisateurs à ultra bas volume (U.B.V.)
- Ces pulvérisateurs atomisent la préparation en particules de tailles extrêmement fines (7–20 microns).
- La répartition dans la serre se fait au moyen d'un système de ventilation à air forcé.

Pulvérisateurs électrostatiques

- Les pulvérisateurs électrostatiques (P.É.S.) ajoutent une charge électrique aux fines particules pulvérisées.
- Cette méthode assure un meilleur recouvrement et réduit la dérive du pesticide.

Agents mouillants

Dans les paragraphes qui suivent, le terme « agent mouillant » désigne tout aussi bien les dispersifs, les adhésifs et les surfactants, bien qu'il y ait une légère différence de sens entre ces termes.

- L'eau ne s'épand pas toujours uniformément à la surface des feuilles. Sa nature hydrophile lui confère une très forte tension de surface de sorte que lorsqu'on la dépose sur une feuille, laquelle est hydrophobe, cette dernière l'amasse en grosses gouttelettes qui ruissellent aisément et tombent de la feuille sur le sol (en emportant avec elles les pesticides).
- L'emploi d'agents mouillants réduit la tension de surface de l'eau et lui permet de mieux couvrir les feuilles. Conséquemment, les pesticides se trouvent mieux répartis sur la surface des feuilles.
- La plupart des formulations de pesticides contiennent un agent mouillant mais, dans certains cas, en raison notamment de la température de l'eau ou de l'air, de la dureté de l'eau, de la texture de la feuille, du stade de croissance de la plante et même du type de formulation, la teneur peut s'avérer

insuffisante. Consulter l'étiquette pour des directives à ce sujet.

- Une méthode simple pour déterminer si la teneur en agent mouillant est adéquate consiste à vaporiser 3 m de couche. Vérifier ensuite si les faces inférieure et supérieure des feuilles à différents stades de croissance sont uniformément mouillées.

- Si le mouillage n'est pas uniforme, ajouter 125 mL de mouillant par 1000 L de préparation. Vaporiser une autre section de couche de 3 m et vérifier de nouveau. Continuer ainsi jusqu'à ce que le recouvrement soit satisfaisant.

- Comme leur nom l'indique, ces agents « mouillent » le mycélium du blanc (oïdium) et facilitent sa destruction. L'usage d'agents mouillants en quantités excessives peut causer des dégâts aux plants ainsi qu'un moussage excessif, entraînant ainsi des problèmes de pompage ou de ruissellement, et donc une lutte inefficace.

Eau employée pour les traitements phytosanitaires

Il est très important de neutraliser l'alcalinité de l'eau servant à l'irrigation ou aux traitements chimiques.

Bouillies préparées en cuve

- Puisque de nombreux pesticides se décomposent en eau alcaline, il est recommandé de pulvériser immédiatement les pesticides dilués dans de l'eau alcaline.

- Il n'est pas toujours possible de traiter « immédiatement » . Tout délai apporté à l'application entraîne une perte de pesticide due à la dégradation, et probablement une lutte proportionnellement moins efficace. Pour éviter que cela ne se produise, on recommande de neutraliser l'eau alcaline avant d'y ajouter tout pesticide. Dissoudre du phosphate diammonique à raison de 50 g par 100 L d'eau, puis ajouter les pesticides, ou utiliser de l'acide phoshorique pour amener le pH à 5,0.

- Le taux de dégradation varie selon le pesticide, sa concentration dans la cuve (facteur de dilution) et la température.

- Le phosphate n'est pas toujours nécessaire, mais cette pratique constitue une sorte de police d'assurance contre les pertes de pesticides. Le coût du phosphate est substantiellement inférieur à celui des pesticides. De plus, le phosphate pourra être assimilé par la feuille en tant qu'élément nutritif.

- De temps à autre, des engrais solubles à l'eau sont utilisés avec des pesticides en mélange. Dans un tel cas, il est important d'utiliser des engrais acides; il n'est alors plus nécessaire d'ajouter du phosphate diammonique. Ne pas utiliser d'engrais alcalins à cette fin. Si ces engrais sont utilisés, la quantité de phosphate recommandée ci-dessus ne sera pas suffisante pour neutraliser l'eau, et la dégradation des pesticides pourrait même être amplifiée.

Agribrom

- Agribrom est un algicide homologué pour le traitement de l'eau.

- Ce produit n'est efficace que dans la mesure où l'eau d'irrigation en contient toujours une faible quantité.

- Si l'on fait recirculer l'eau d'irrigation et qu'on ajoute de l'Agribrom à chaque réutilisation, il faut surveiller les niveaux de chlorure et cesser l'emploi si les taux sont trop élevés.

- Traiter l'eau d'une cuve peut aussi amener une élévation des teneurs en chlorure, si bien qu'on recommande d'injecter l'Agribrom juste au moment d'arroser les cultures.

- Toujours respecter scrupuleusement les directives données sur l'étiquette.

Traitement du bois

- Le bois traité contre la maladie de Wolman (*Wolmanized*) est sans danger en serriculture.

- Toutefois, le napthanate de cuivre a déjà causé des dégâts aux cultures de poinsettias.

- On ne devrait utiliser aucun autre agent de préservation du bois dans les serres. Vérifier auprès d'un conseiller en serriculture.

Emballages solubles dans l'eau

Afin de simplifier l'élimination des emballages de pesticides vides, l'industrie a remis sur le marché un emballage soluble qui se dissout dans la cuve du pulvérisateur.

- Les emballages hydrosolubles mis au marché sous les noms Clean Pak, Solupak, et Toss-N-Go sont présentés en pâte fluide et en poudre mouillable.

- Le matériau d'emballage hydrosoluble généralement utilisé est l'APV (alcool polyvinylique). Ce matériau se dissout complètement dans le pulvérisateur lorsqu'il est ajouté à l'eau de la cuve selon les directives du fabricant.

Manipulation

- Éviter de mouiller les sachets hydrosolubles avant de les ajouter à la cuve du pulvérisateur.

- Ne pas manipuler les sachets hydrosolubles lorsque de l'eau couvre les mains ou les gants.

- Ne pas sortir les sachets hydrosolubles de leur emballage extérieur, sauf au moment de les ajouter à la cuve du pulvérisateur.

- Fermer toujours hermétiquement l'emballage extérieur (fait de matériau non soluble) pour protéger de l'humidité les sachets qui restent.

Mélange

- Ajouter les sachets hydrosolubles lorsque la cuve est remplie d'eau au quart et que l'agitateur est en marche.

- Cinq minutes devraient suffire pour que la dissolution des sachets soit complète, compte tenu de la température et du niveau d'agitation de l'eau.

- Ajouter tout autre pesticide compatible pendant que la cuve continue de se remplir.

Compatibilité

- Ne pas ajouter de pesticides qui seraient incompatibles avec le matériau d'emballage en APV. Le matériau d'APV n'est pas soluble dans les huiles d'été (par exemple, huile Superior).

- Ne mélanger les sachets avec aucun produit contenant du bore (par exemple, Solubor), des oligo-éléments chélatés ou des engrais hydrosolubles car ces composés ne sont pas compatibles avec la pellicule d'APV. Si on les combine, il se formera probablement une substance collante et insoluble dans la cuve.

- Lorsque du bore, des oligo-éléments chélatés ou des engrais hydrosolubles ont été pulvérisés, vider la cuve complètement et la rincer avant d'utiliser tout produit à base d'APV.

- Lire toutes les étiquettes et les directives attentivement. Pour plus de détails, consulter un distributeur de produits agro-chimiques.

Concentration des pesticides

- Les produits antiparasitaires vendus sous différentes appellations commerciales viennent parfois en concentrations différentes.

- Pour s'assurer d'appliquer la quantité recommandée de la matière active, il faut prendre bien soin de modifier les doses, si le produit utilisé a une concentration différente de celle qui est indiquée dans les recommandations données dans la présente publication.

Traitement des semences

- Les produits employés pour l'arrosage et le traitement des semences sont toxiques pour les humains et les animaux.

- Il ne faut pas respirer les vapeurs ou la poussière qui se dégagent au cours du traitement des semences ou de leur manipulation une fois traitées.

- Porter des gants de néoprène ou de nitrile pour manipuler les semences traitées.

- Le traitement terminé, faire disparaître au lavage tous les résidus de produits chimiques qui ont pu adhérer à la peau. Les semences traitées sont toxiques.

Dérive des pesticides

Les producteurs doivent être conscients qu'ils sont responsables de toutes substances chimiques provenant de leurs pulvérisateurs, peu importe où se rend le brouillard de pulvérisation. Le producteur est tenu responsable de tout effet nuisible comme l'endommagement de cultures agricoles ou de plantes ornementales, ainsi que du dépôt de résidus de produits illégaux ou utilisés à des doses inacceptables dans les cultures ou les propriétés voisines. Il peut aussi être tenu responsable des accidents de la route provoqués par le salissement des pare-brise par les embruns de pulvérisation ainsi que des réactions allergiques ou asthmatiques causées aux passants même à l'extérieur de sa propriété.

Pour éviter de dépasser la tolérance aux résidus d'insecticide, d'herbicide et de fongicide :

- Observer le laps de temps indiqué sur l'emballage entre l'application et la récolte.
- N'utiliser que les produits homologués pour la culture et contre l'ennemi à combattre.
- Ne pas dépasser la dose recommandée.
- Ne pas utiliser le produit plus souvent qu'il n'est recommandé sur l'étiquette.

On doit prendre toutes les mesures nécessaires pour empêcher les pesticides de dériver des endroits ciblés; la dérive peut entraîner des poursuites en dommages-intérêts.

Activité et toxicité des produits chimiques

* On exprime la toxicité relative d'un pesticide au moyen de sa dose létale 50 % (DL_{50}). Cette mesure représente la quantité de matière active (m.a.) du produit chimique en milligrammes utilisés par kilogramme d'animal de laboratoire (habituellement des rates) qui tue 50 % des animaux testés. Cette toxicité est habituellement mesurée par la DL_{50} orale aiguë (voir plus haut) par référence aux produits chimiques ingérés par la bouche ou le nez. Les valeurs de la DL_{50} percutanée (pénétration par la peau) sont aussi disponibles. Plus le chiffre de la DL_{50} est élevé, moins le produit est toxique pour les êtres humains.

De nombreux pesticides d'une faible toxicité aiguë provoquent des effets à long terme chez les animaux de laboratoire. Les utilisateurs sont donc prévenus que ces produits peuvent être néfastes pour la santé. Tout contact doit être réduit au minimum : c'est pourquoi il faut porter des vêtements de protection. Gants, lunettes protectrices et chemise à manches longues sont particulièrement efficaces.

La mention d'un produit dans les tableaux qui suivent ne signifie pas nécessairement qu'il soit homologué pour utilisation en serre ou dans une culture précise. **Toujours se référer à l'étiquette du produit.**

TABLEAU 1–6. Insecticides et acaricides

Nom commercial	Nom commun	DL_{50} (mg m.a./kg)*	Groupe chimique	Annexe (Ontario)
Avid	avermectine	300	avermectine	3
Dipel, Thuricide, Vectobac	*Bacillus thuringiensis*	15 000 +	biologique	3
Diazinon, Basudin	diazinon	300	organophosphoré	2
DDVP	dichlorvos	80	organophosphoré	3
Thiodan	endosulfan	110	organochloré	2
Vendex	oxyde de fenbutatine	2 631	organotine	3
Impower	imidaclopride	1 858	chloronicotinyle	5
Malathion	malathion	1 400	organophosphoré	3
Dibrom	naled	430	organophosphoré	2
Nicotine, Fumée	nicotine	50	botanique	2
Parathion, Fumée	parathion	3,6	organophosphoré	5
Ambush, Pounce	perméthrine	4 000 +	pyréthroïde synthétique	3
Dyno-Mite	pyridabène	1 350	pyridazinone	2

TABLEAU 1–7. Toxicité des fongicides

Nom commercial	Nom commun	DL_{50} (mg m.a./kg)*	Groupe chimique	Annexe (Ontario)
Benlate	bénomyl	10 000 +	benzimidazole	3
Agribrom	bromine	1 390		3
Captan, Maestro	captane	9 000	phthalimide	2
Exotherm Termil	chlorothalonil	10 000 +	hydrocarbure aromatique	3
Botran	dichloran	10 000 +	dicarboximide	3
Fixed Copper, Tricop, Basicop, Kocide 101	cuivre neutre		inorganique	
Rovral	iprodione	3 500	dicarboximide	3
No-Damp	benzoate d'auxine	1 000 +	hydrocarbure aromatique	3
Manzate 200	mancozèbe	6 750	dithiocarbamate	3
Nova	myclobutanil	1 870	triazole	2
Previcur	hydrochlorure de propamocarbe	2 000–2 900	carbamate	2
Mycostop	*Streptomyces griseoviridis*	Sans danger pour les animaux selon les tests en labo.	fongicide microbien	3
Microfine Sulphur	soufre	Pratiquement non toxiques pour les animaux et les humains		6

TABLEAU 1–8. Effets signalés des insecticides/acaricides homologués sur les agents de lutte[a,b,c]

Insecticides	*Encarsia formosa* + *Aphidius*	*Phytoseiulus persimilis*	*Amblyseius cucumeris* + *Hypoaspis*	*Aphidoletes aphidimyza*	*Orius spp.*
Ambush	N (56–84)	N (56–84)	N (56–84)	N (56–84)	N (56–84)
Avid	N (21)	N (14)	N (14)	N (21)	N (21)
DDVP	N (7)	N (3–7)	N (3–7)	N (3)	N (7)
Diazinon ou Basudin	N (28–42)	N (7)	N (7–21)	N (42–56)	N (30)
Dibrom (F)	N (7)	N (3–7)	N (3)	N (7)	N (3)
Dipel/Foray	S (0)	S (0)	S (0)	S (0)	S (0)
Dyno-Mite	N (> 28)	N (7)	N (28–36)	N (> 28)	N (28–35)
Impower (Ir)	S	S (0)	S (0)	S	N (28–42)
Malathion	N (56–84)	N (7–14)	N (56–84)	N (14–70)	N
Nicotine (F)	I (3)	N	N (1–7)	N (1–7)	I
Parathion (F)	N (56–84)	N (3–14)	(42–56)	N (56–84)	N
Savon insecticide	N (0)	N (0)	N (0)	N (0)	N (0)
Thiodan	N (56–84)	N (4–14)	N (42–70)	N (56–84)	N
Vectobac	S	S	S	S	S
Vendex	S	S	S	S	S

[a] Les nombres entre parenthèses expriment, en jours, la toxicité résiduelle du produit pour les agents de lutte, selon les données dont on dispose. S = sans danger; N = nocif; I = intermédiaire; « — » signifie qu'aucune donnée n'est disponible et qu'il faut considérer le produit comme toxique jusqu'à preuve du contraire. F = fumigant; Ir = par le réseau d'irrigation.

[b] Le tableau ne fournit qu'une indication des effets possibles de ces pesticides sur les agents de lutte. La toxicité pourrait varier en fonction des conditions de culture.

[c] Le tableau a été élaboré à partir de l'information fournie par *Applied Bionomics Ltd.*, *Koppert Biological Systems* et *Biobest Biological Systems*. Lorsque la toxicité résiduelle varie d'une source d'information à l'autre, nous donnons la valeur la plus conservatrice ou nous l'indiquons par une fourchette de valeurs.

TABLEAU 1–9. Effets signalés des fongicides homologués sur les agents de lutte[a,b,c]

Fongicides	*Encarsia formosa* et *Aphidius*	*Phytoseiulus persimilis*	*Amblyseius cucumeris* + *Hypoaspis*	*Aphidoletes aphidimyza*	*Orius spp.*
Benlate	S (0)	N (14–21)	N (14–21)	S (0)	S (0)
Botran	S	S	S	S	
Exotherm Termil	S (0)	S (0)	I	S (0)	S (0)
Maestro	S (0)	S (0)	S (0)	S (0)	S (0)
Manzate	S (0)	S (0)	S	N	S (0)
Mycostop	S	S	S	S	S
Nova	S	S (0)			S (0)
Previcur	S (0)	S (0)	S		
Rovral	S (0)	S (0)	S (0)	S (0)	S (0)
Sulphur	N (> 28)	S (0)	I	I	S

[a] Les nombres entre parenthèses expriment, en jours, la toxicité résiduelle du produit pour les agents de lutte, selon les données dont on dispose. S = sans danger; N = nocif; I = intermédiaire; « — » signifie qu'aucune donnée n'est disponible et qu'il faut considérer le produit comme toxique jusqu'à preuve du contraire. F = fumigant; Ir = par le réseau d'irrigation.

[b] Le tableau ne fournit qu'une indication des effets possibles de ces pesticides sur les agents de lutte. La toxicité pourrait varier en fonction des conditions de culture.

[c] Le tableau a été élaboré à partir de l'information fournie par *Applied Bionomics Ltd.*, *Koppert Biological Systems* et *Biobest Biological Systems*. Lorsque la toxicité résiduelle varie d'une source d'information à l'autre, nous donnons la valeur la plus conservatrice ou nous l'indiquons par une fourchette de valeurs.

TABLEAU 1–8. Effets signalés des insecticides/acaricides homologués sur les agents de lutte[a,b,c]

Insecticides	*Encarsia formosa* + *Aphidius*	*Phytoseiulus persimilis*	*Amblyseius cucumeris* + *Hypoaspis*	*Aphidoletes aphidimyza*	*Orius spp.*
Ambush	N (56–84)	N (56–84)	N (56–84)	N (56–84)	N (56–84)
Avid	N (21)	N (14)	N (14)	N (21)	N (21)
DDVP	N (7)	N (3–7)	N (3–7)	N (3)	N (7)
Diazinon ou Basudin	N (28–42)	N (7)	N (7–21)	N (42–56)	N (30)
Dibrom (F)	N (7)	N (3–7)	N (3)	N (7)	N (3)
Dipel/Foray	S (0)	S (0)	S (0)	S (0)	S (0)
Dyno-Mite	N (> 28)	N (7)	N (28–36)	N (> 28)	N (28–35)
Impower (Ir)	S	S (0)	S (0)	S	N (28–42)
Malathion	N (56–84)	N (7–14)	N (56–84)	N (14–70)	N
Nicotine (F)	I (3)	N	N (1–7)	N (1–7)	I
Parathion (F)	N (56–84)	N (3–14)	(42–56)	N (56–84)	N
Savon insecticide	N (0)	N (0)	N (0)	N (0)	N (0)
Thiodan	N (56–84)	N (4–14)	N (42–70)	N (56–84)	N
Vectobac	S	S	S	S	S
Vendex	S	S	S	S	S

[a] Les nombres entre parenthèses expriment, en jours, la toxicité résiduelle du produit pour les agents de lutte, selon les données dont on dispose. S = sans danger; N = nocif; I = intermédiaire; « — » signifie qu'aucune donnée n'est disponible et qu'il faut considérer le produit comme toxique jusqu'à preuve du contraire. F = fumigant; Ir = par le réseau d'irrigation.

[b] Le tableau ne fournit qu'une indication des effets possibles de ces pesticides sur les agents de lutte. La toxicité pourrait varier en fonction des conditions de culture.

[c] Le tableau a été élaboré à partir de l'information fournie par *Applied Bionomics Ltd.*, *Koppert Biological Systems*, et *Biobest Biological Systems*. Lorsque la toxicité résiduelle varie d'une source d'information à l'autre, nous donnons la valeur la plus conservatrice ou nous l'indiquons par une fourchette de valeurs.

TABLEAU 1–9. Effets signalés des fongicides homologués sur les agents de lutte[a,b,c]

Fongicides	*Encarsia formosa* et *Aphidius*	*Phytoseiulus persimilis*	*Amblyseius cucumeris* + *Hypoaspis*	*Aphidoletes aphidimyza*	*Orius spp.*
Benlate	S (0)	N (14–21)	N (14–21)	S (0)	S (0)
Botran	S	S	S	S	
Exotherm Termil	S (0)	S (0)	I	S (0)	S (0)
Maestro	S (0)	S (0)	S (0)	S (0)	S (0)
Manzate	S (0)	S (0)	S	N	S (0)
Mycostop	S	S	S	S	S
Nova	S	S (0)			S (0)
Previcur	S (0)	S (0)	S		
Rovral	S (0)	S (0)	S (0)	S (0)	S (0)
Sulphur	N (> 28)	S (0)	I	I	S

[a] Les nombres entre parenthèses expriment, en jours, la toxicité résiduelle du produit pour les agents de lutte, selon les données dont on dispose. S = sans danger; N = nocif; I = intermédiaire; « — » signifie qu'aucune donnée n'est disponible et qu'il faut considérer le produit comme toxique jusqu'à preuve du contraire. F = fumigant; Ir = par le réseau d'irrigation.

[b] Le tableau ne fournit qu'une indication des effets possibles de ces pesticides sur les agents de lutte. La toxicité pourrait varier en fonction des conditions de culture.

[c] Le tableau a été élaboré à partir de l'information fournie par *Applied Bionomics Ltd.*, *Koppert Biological Systems*, et *Biobest Biological Systems*. Lorsque la toxicité résiduelle varie d'une source d'information à l'autre, nous donnons la valeur la plus conservatrice ou nous l'indiquons par une fourchette de valeurs.

Certificat d'utilisation de pesticides pour les agriculteurs de l'Ontario

- Le règlement 914 de la *Loi sur les pesticides* oblige les agriculteurs à obtenir un certificat d'utilisation avant d'acheter et d'utiliser tout pesticide énuméré dans les annexes 1, 2 ou 5. Le certificat est remis aux participants qui réussissent le cours sur l'utilisation sécuritaire des pesticides.

- Il doit y avoir au moins un détenteur de certificat sur chaque entreprise agricole.

- Selon la *Loi sur les pesticides*, est considéré comme agriculteur (producteur) toute personne :

  — qui utilise une terre agricole pour la production agricole ou forestière et
  — dont cette terre est classée comme terre agricole en vertu de l'article 7 de la *Loi sur l'évaluation foncière* de l'Ontario.

Formation des aides à utiliser les pesticides des annexes 2 et 5

- Depuis janvier 2000, tous les aides agricoles doivent avoir une formation officielle sur l'utilisation sécuritaire des pesticides, reconnue par le ministère de l'Environnement, avant de manipuler ou d'utiliser tout pesticide classé dans l'annexe 2 ou 5. Ils doivent également travailler sous la surveillance d'un agriculteur détenant le certificat.

- Cette règle s'applique à tous les aides agricoles, qu'ils soient membres de la famille, employés de ferme ou ouvriers saisonniers.

- Les aides dûment formés ne sont pas soumis à un examen écrit.

- Les aides dûment formés doivent être âgés d'au moins 16 ans.

- Deux options sont offertes aux aides agricoles :

  — suivre le cours de manipulation sécuritaire des pesticides destiné aux agriculteurs, et ne pas être soumis à un examen écrit, ou
  — participer à une session de formation donnée sur la ferme par un instructeur qualifié.

- Pour plus de renseignements sur le cours ou pour obtenir la liste des dates et endroits où les cours et les examens sont offerts, visiter le site Web du Programme ontarien de formation en matière de pesticides, à l'adresse www.ridgetownc.uoguelph.ca/opep/.

- On peut s'inscrire au cours sur l'utilisation sécuritaire des pesticides destiné aux agriculteurs ou à une session d'examen (pour renouveler un certificat existant), ou obtenir des renseignements sur la formation des aides agricoles, de n'importe où en Ontario :

  — par téléphone au 1 800 652-8573 ou au (519) 674-1580, ou
  — par télécopieur au (519) 674-1589, ou
  — par courriel à opep@ridgetownc.uoguelph.ca.

2. Facteurs influençant la serriculture

L'industrie des légumes de serre de l'Ontario a beaucoup évolué depuis 10 ans. Favorisée par des pratiques culturales, des installations et une qualité améliorées ainsi que par des marchés en expansion, la taille de l'industrie a plus que doublé en seulement 8 ans. En l'an 2000, 418 hectares de serres étaient consacrés à la culture des légumes, comparativement à 142 hectares en 1990, avec une valeur à la ferme d'environ 260 millions de dollars. Une grande partie de la croissance de cette industrie s'est effectuée dans la région de Leamington, située au sud-ouest de l'Ontario, où les serres ont en moyenne 2,5 ha/exploitation (5,5 acres/exploitation), comparativement à 1,3 ha/exploitation (2,8 acres/exploitation) dans le reste de l'Ontario.

Depuis 1997, les structures de serre revêtues d'un double film de polyéthylène ont remplacé les constructions de verre. Elles sont moins coûteuses à construire, les coûts de chauffage sont de 10 à 20 % moindres et le rendement par unité de surface est le même que celui du verre. Les serres revêtues d'un double film de polyéthylène et bénéficiant d'un système de ventilation naturelle à la gouttière gagnent en popularité du fait qu'elles réduisent les coûts d'électricité associés au refroidissement par ventilateurs durant l'été.

D'autres changements ont aidé l'industrie à prendre de l'expansion :

- une augmentation de la hauteur des gouttières pour améliorer l'environnement de la serre;
- l'installation dans les nouvelles serres et la mise à nouveau dans les serres existantes d'appareils de régulation climatique;
- l'augmentation sans précédent de la culture hydroponique ou sans sol, qui prend la forme dans la plupart des cas d'une culture sur laine de roche, mousse, mousse de tourbe, ou film nutritif, avec seulement 5 à 7 % des producteurs qui pratiquent la culture avec sol.

Les producteurs de légumes de serre de l'Ontario mettent en œuvre des méthodes de lutte intégrée. La modification du milieu des serres, les programmes de dépistage et les agents de lutte biologiques jouent un rôle important dans le maintien d'un produit de haute qualité.

À l'heure actuelle, les tomates occupent 57 % des superficies des serres, les concombres 31 %, les poivrons 11% et la laitue et d'autres produits, tels les légumes orientaux, 1 %. Les tomates occupent une superficie encore plus grande depuis que les producteurs sont passés des cultivars de tomate rose à ceux, plus populaires, de tomate rouge.

La commercialisation est la clé d'une industrie florissante. Haute qualité, saveur et service sont des facteurs importants d'une stratégie commerciale gagnante, et à cet égard, la « Ontario Greenhouse Vegetable Growers » (OGVG), auparavant la Commission ontarienne de commercialisation des légumes de serre, joue un rôle de premier plan. Établie en 1967, la OGVG a joué un rôle déterminant dans la commercialisation et la promotion des tomates et des concombres cultivés en serre.

Introduction

Le rendement et la qualité des cultures serricoles sont directement liés au soin apporté à la conduite des cultures et à la maîtrise de la croissance des végétaux. Les principaux facteurs qui influencent la croissance et le rendement sont la lumière, la température, l'eau, la fertilisation, les pressions exercées par les insectes et les maladies, l'espèce cultivée et le cultivar choisi. Si certains facteurs sont faciles à maîtriser, pour d'autres, on ne dispose d'aucun moyen d'intervention ou à tout le moins, d'aucun qui soit rentable.

Par exemple, on ne recourt normalement pas à l'éclairage d'appoint pour suppléer au manque de lumière en hiver, sauf pour prolonger la longueur du jour au départ des cultures. Cependant, durant l'été, lorsque le rayonnement est élevé, on utilise des écrans ou on blanchit l'extérieur des serres à la chaux pour réduire la transmission de la lumière à la culture.

On maîtrise la croissance des végétaux en jouant sur l'un ou plusieurs des facteurs susmentionnés.

Le rôle premier de la serre est de fournir un milieu qui favorise la croissance optimale des plantes. La serre permet en effet d'intervenir sur les besoins de la culture en lumière, gaz carbonique, eau, éléments nutritifs et température. Comme on considère souvent la lumière comme le facteur limitatif, l'aménagement des serres vise à maximiser la pénétration de la lumière de manière à maintenir la croissance durant les mois plus sombres. La présente section traite de certains facteurs de croissance reliés à la production en serre.

Phases végétative et de fructification

En jouant sur la lumière, la température, les apports d'eau et d'éléments nutritifs, on s'assure d'obtenir des plants ayant la forme ou l'aspect recherché. On peut ainsi accentuer la phase végétative, c.-à-d. obtenir des plants qui produisent plus de feuilles et moins de fleurs et de fruits. Le plant possède alors de grosses feuilles épaisses et vert foncé, une tige robuste ayant une teinte vert pâle au point végétatif; des fleurs grosses et mal formées poussant sur des tiges florales et des grappes rachitiques; et des fruits de petit calibre par rapport à la taille du plant. De plus, la croissance des racines peut être exagérée.

Si l'on accentue la phase de fructification, par contre, les plants qu'on obtient ont : des feuilles plus petites, une tige mince teintée de mauve au point de croissance, de plus petites fleurs qui poussent en grand nombre et bien en vue, et des fruits de gros calibre par comparaison à la taille du plant, dont la qualité peut laisser à désirer en raison d'une surexposition au soleil. L'idéal est un juste équilibre entre les deux phases de croissance.

À certaines périodes de l'année, le producteur doit stimuler la phase végétative, pour ensuite stimuler la phase de fructification. Au départ de la culture, les plantes ont tendance à afficher une forte croissance végétative qu'il importe de maîtriser rapidement afin d'induire la phase de fructification et d'obtenir des fruits au moment voulu. Il arrive cependant que les plants se mettent à produire trop de fruits; il faut alors recourir aux pratiques culturales qui encouragent la croissance végétative.

Une plante démarrée durant les premiers mois de l'hiver (lorsque le rayonnement est à son plus bas), que les températures sont fraîches et l'humidité élevée aura tendance à afficher une croissance végétative (c.-à-d. qu'elle sera massive, à tige épaisse, aux feuilles et aux fleurs larges et aux fruits petits) si elle reçoit des apports abondants d'eau et d'éléments nutritifs. En augmentant la température (raisonnablement), en abaissant le niveau d'humidité, la quantité d'eau et d'éléments nutritifs, on obtiendra une plante dont la croissance sera mieux maîtrisée.

On peut aussi intervenir dans la croissance de la plante en jouant sur l'écart entre les températures diurnes et nocturnes. Durant les heures d'ensoleillement, on garde la température plus élevée pour permettre aux plantes de produire des glucides et de croître rapidement. La nuit, on abaisse la température afin que les glucides fabriqués au cours de la journée puissent être diffusés dans la plante ou emmagasinés aux points de croissance des tiges et des racines, dans les fruits et les feuilles, avec pour résultat des plantes plus denses et plus lourdes. Dans une serre, l'obtention de plants bien équilibrés qui fournissent un haut rendement passe par un réglage fréquent des températures et la détermination du moment propice où effectuer ces réglages.

Influence de la température

La température de la plante influence plusieurs processus importants qui, tous, ont un effet sur la croissance.

Effet sur la photosynthèse et la respiration

La photosynthèse est le processus par lequel les plantes convertissent le gaz carbonique (CO_2) et l'eau (H_2O) en glucides et en oxygène. Ce processus a besoin de l'énergie de la lumière, ce qui signifie que la photosynthèse ne peut se faire que si la lumière visible atteint la plante. D'une certaine façon, la plante emmagasine de l'énergie sous forme de glucides.

La respiration est le processus inverse de la photosynthèse, c.-à-d. que les glucides sont reconvertis en gaz carbonique et en eau, ce qui libère de l'énergie. Cette énergie sert alors à favoriser des processus comme l'amorce et le développement des racines, des feuilles et des bourgeons. La respiration ne dépend pas de la lumière et a donc cours jour et nuit. C'est la température qui influence le taux de respiration.

L'effet net des deux processus peut s'exprimer comme une accumulation de matière sèche, ou croissance. La température optimale pour obtenir l'augmentation maximale en matière sèche dépend de l'intensité lumineuse. Plus l'intensité lumineuse est élevée, plus la température optimale doit l'être. Pour la plupart des cultures de serre, cet optimum se situe entre 12 et 16 °C durant les périodes où l'éclairage naturel est le plus faible, et 15 à 25 °C quand l'intensité lumineuse est élevée.

Taux de croissance des feuilles, des fleurs et des racines

Ces processus requièrent de l'énergie et coïncident avec le taux de respiration. La température moyenne sur 24 heures est importante dans ces activités. Au début du développement de la feuille et de la fleur, pour chaque augmentation de 1 °C entre 10 et 30 °C, l'augmentation du taux de croissance est d'environ 10 %. Ainsi, la température moyenne sur 24 heures influence le taux de croissance de la culture. Sous des conditions de faible luminosité, la température moyenne sur 24 heures est abaissée et sous des conditions de forte luminosité, la température moyenne est augmentée.

On règle la température au terme d'une observation des caractéristiques morphologiques de la plante. Lorsque la température moyenne sur 24 heures est basse, la plante aura des entre-nœuds plus courts, des tiges et des feuilles plus épaisses, et de grosses fleurs. Lorsque la température moyenne sur 24 heures est élevée, la plante aura des entre-nœuds plus longs, des tiges et des feuilles plus minces, et des fleurs petites et étiolées. Une température moyenne sur 24 heures trop basse ou trop élevée aura une influence néfaste sur la culture. Des températures plus élevées affaibliront la plante et ses fleurs, entraînant du même coup une baisse de rendement, tandis que des températures basses retarderont la récolte ou endommageront les fleurs, ce qui aura pour effet de donner des fruits difformes.

Forme et développement

On a observé que la température a une influence sur la taille et la forme des feuilles. Par exemple, les concombres et la laitue ont des feuilles courtes et larges quand la température au début est basse, alors que des températures élevées donnent des feuilles longues et étroites.

La différence entre les températures de jour et de nuit a aussi un effet sur la forme du plant. Un petit écart entre les températures diurnes et nocturnes ou les mêmes températures le jour et la nuit accentuent la croissance végétative, ce qui donne des plants aux entre-nœuds plus courts et aux feuilles plus épaisses et plus larges, tandis qu'un écart important entre les températures diurnes et nocturnes favorise la phase de fructification, ce qui donne des plantes aux entre-nœuds plus longs et aux feuilles plus minces et plus grêles. Habituellement, on maintient au départ de la culture un régime de température semblable le jour et la nuit (afin de favoriser l'établissement), puis on établit un écart entre les températures diurnes et nocturnes après les stades de la floraison et de la fructification.

Effet sur l'humidité

La température a une influence directe sur l'humidité. Quand la température augmente, l'humidité relative (HR) diminue et vice-versa. L'HR a une influence directe sur le niveau de transpiration, et dès lors, sur la teneur en eau de la plante. En général, les plantes

cultivées là où le taux d'HR est élevé auront des feuilles plus larges et des tiges plus longues que là où le taux d'HR est plus bas.

La température optimale pour chaque culture influence les facteurs précédents et dépend des conditions de lumière, du stade de croissance et de la saison. La température à laquelle une culture est soumise peut être utilisée pour régulariser sa vitesse de croissance, sa vigueur, la forme et la morphologie des plantes, le calibre des fruits et, en fin de compte, le rendement. En général, les températures optimales sont de 17–18 °C pour la laitue, 19 °C pour la tomate; 19 °C pour le poivron, et 21 °C pour le concombre. Plusieurs stratégies touchant les températures ont été éprouvées.

La figure 2-1, *Profil de température pour les cultures en serre — temps ensoleillé*, et la figure 2-2, *Profil de température pour les cultures en serre — temps nuageux*, sont des exemples de manipulations de la température utilisées dans le but de développer la plante idéale ayant une belle forme et une production de qualité supérieure. Cette stratégie vise à maintenir une température moyenne sur 24 heures, tout en permettant une élévation de la température en après-midi afin de stimuler la croissance, et un abaissement de la température en début de soirée, afin d'obtenir un plant aux racines et au feuillage plus résistants et produisant plus de fruits.

Régulation de la température

Chauffage

Les exigences relatives à la température des principales cultures légumières de serre (tomate, concombre, poivron, laitue) varient considérablement. Les besoins en chauffage d'une serre peuvent aussi bien être calculés sur une base horaire que sur une base annuelle. Ces calculs tiennent compte des températures intérieures et extérieures, du type de revêtement et de la superficie de la serre. Les fabricants de systèmes de chauffage destinés aux serres conçoivent des systèmes adaptés aux conditions locales.

La recommandation habituelle pour un écart de température de 35 °C est de 350 watts par mètre carré (W/m^2) pour une serre en verre et de 270 W/m^2 pour une serre en polyéthylène double. De manière empirique, dans le sud-ouest de l'Ontario, on recommande une chaudière de 100 hp pour 0,4 ha (1 acre) de serre. L'installation d'écrans thermiques permet d'abaisser cette valeur de 25–35 %. Même si certaines cultures demandent moins de chaleur (par exemple, la laitue) que d'autres, les besoins en chaleur des cultures qui demandent de hautes températures sont habituellement utilisés dans la planification du système de chauffage, de façon à ce que les producteurs puissent, s'ils le veulent, passer facilement à d'autres cultures ultérieurement.

FIGURE 2-1. Profil de température pour les cultures en serre — temps ensoleillé

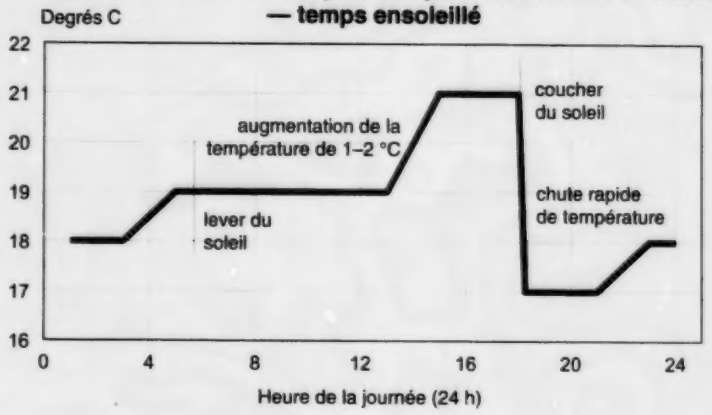
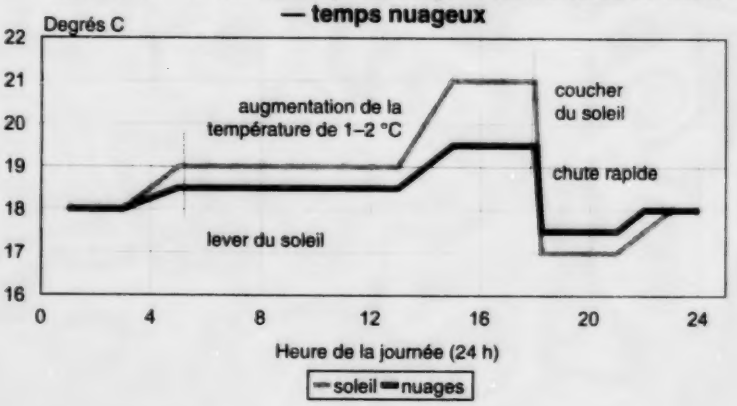


FIGURE 2-2. Profil de température pour les cultures en serre — temps nuageux



Le chauffage central est le système de chauffage des serres le plus commun en Ontario. La principale source d'énergie est le gaz naturel et certains producteurs utilisent le bois. Le combustible de soute et le fuel-oil lourd n° 2 sont des combustibles de réserve, bien que quelques producteurs les utilisent comme source principale d'énergie. Plusieurs producteurs utilisent du propane, surtout ceux qui sont éloignés des réseaux de distribution du gaz naturel.

La chaleur est produite sous forme de vapeur ou d'eau chaude à partir d'une chaudière centrale et circule par un ensemble de tuyaux chauffants. Le principal avantage d'un tel système est que les tuyaux peuvent être placés là où les pertes de chaleur les plus importantes se produisent (périmètre) ou là où ils seront le plus efficaces (c.-à-d. à l'intérieur de la culture à environ 30–60 cm du sol). Les systèmes à eau chaude ont un autre avantage : celui de permettre de régler la température de l'eau dans les tuyaux. Habituellement, on place les conduites de chauffage à l'intérieur de la culture pour aider à garder une bonne circulation d'air entre les plantes. On peut aussi tirer parti des conduites de chauffage installées dans la zone de production comme réseau de rails utile à la circulation des voiturettes électriques ou à batterie, ce qui contribue à faciliter le travail du personnel.

Les unités de chauffage au gaz sont la solution de rechange habituelle au système de chauffage central. Même si ces unités sont très économiques à installer, leurs principaux inconvénients sont une mauvaise distribution de la chaleur, de plus grandes fluctuations de température, une efficacité de la combustion moindre selon les saisons et la possibilité que des gaz du conduit pénètrent dans la serre. Certains producteurs attachent un réseau de conduits aux unités et dirigent l'air chaud au moyen de tubes de plastique répartis entre les rangées de plantes pour chauffer la serre. Cette pratique améliore grandement la répartition de la chaleur dans la serre en plus d'approvisionner directement en air frais la chambre de combustion, minimisant ainsi les risques d'une mauvaise combustion.

Ventilation de refroidissement

Même si les serres demandent beaucoup de chaleur pour maintenir leur température en hiver, il faut aussi réduire la température durant les mois plus chauds. Le refroidissement se fait habituellement par un échange de l'air entre la serre et l'extérieur. L'expérience a montré qu'un renouvellement d'air par minute est requis pendant les grandes chaleurs de l'été. Les deux systèmes actuellement utilisés sont la ventilation naturelle (par des aérateurs de toit pour les serres de verre et d'acrylique, et avec ouverture à la gouttière pour les serres en polyéthylène double) et la ventilation à air pulsé (pour les serres refroidies par ventilation). Ce dernier système permet aussi l'installation d'un système de refroidissement par évaporation qui apporte un refroidissement supplémentaire en été. Les systèmes de nébulisation à haute pression sont aussi utilisés par certains producteurs pour la ventilation de refroidissement au printemps et en été et pour la maîtrise de l'humidité en hiver et au printemps.

Capteurs et commandes de température

L'utilisation d'ordinateurs est maintenant la norme pour maintenir la température et les autres conditions climatiques dans la serre. L'avantage des systèmes informatisés est que la température peut être réglée automatiquement selon le moment de la journée, l'intensité de la lumière naturelle, l'HR et bien d'autres facteurs. En plus d'offrir une valeur de réglage statique de la température, l'ordinateur permet le passage graduel des températures nocturnes aux températures diurnes. Ce passage graduel (augmentation et diminution de température commandées) permet d'atteindre plus facilement les températures optimales ciblées pour la croissance des plantes, compte tenu du cultivar ou du système cultural employé.

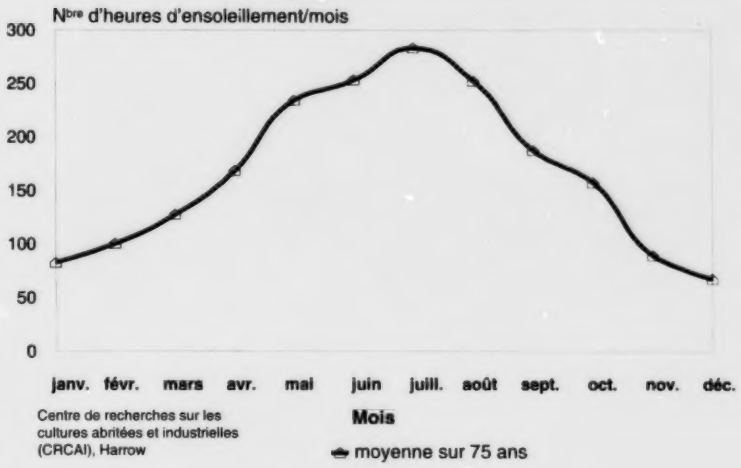
Les ordinateurs représentent un coût d'investissement élevé et peuvent n'être économiquement rentables que pour l'exploitation de grandes serres. Cependant, les gains qu'ils procurent en termes de maîtrise des températures et de l'HR et de lutte contre les maladies les rendent essentiels aux exploitations de toutes tailles.

De tout temps, les producteurs ont utilisé des capteurs de température mécaniques. Toutefois, les capteurs électroniques (thermistors) sont maintenant utilisés de pair avec des appareils de commande analogiques ou numériques. Le capteur prend la température environnante immédiate et doit être placé près des points de croissance des plantes. Au fur et à mesure de la croissance des plantes, on élève le capteur de manière à

prendre la température au niveau des points de croissance.

Étant donné que les températures varient souvent d'un endroit à l'autre de la serre, le capteur est placé dans une boîte à aspiration. L'aspirateur tire l'air de la serre vers le thermomètre et prélève un échantillonnage plus représentatif de la température.

FIGURE 2-3. Heures d'ensoleillement (moyenne sur 75 ans)



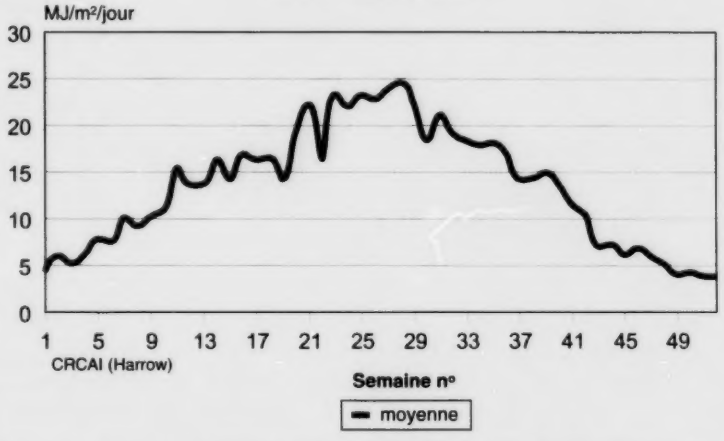
Centre de recherches sur les cultures abritées et industrielles (CRCAI), Harrow

Lumière

La lumière est le facteur de production le plus important dans la croissance des végétaux. Le processus de la photosynthèse, par lequel une plante verte prend le gaz carbonique de l'air et l'eau du sol pour produire des éléments nutritifs, est déclenché et alimenté par la lumière.

En serriculture, la lumière est le facteur de croissance fondamental sur lequel les producteurs ont le moins d'emprise.

FIGURE 2-4. Moyenne hebdomadaire de la radiation solaire quotidienne



L'éclairage artificiel permet la photosynthèse, mais entraîne des coûts d'énergie trop élevés pour la plupart des cultures légumières. On recourt par contre couramment à la lumière d'appoint dans la culture des plantules et des plants avant leur mise en place définitive. Il est en général convenable et économique d'utiliser la lumière d'appoint à raison de 20 watts/m^2 pour allonger la photopériode. On obtient ainsi des plants plus forts et plus massifs en moins de temps durant la période de faible rayonnement et de jours courts qu'on connaît en décembre et janvier.

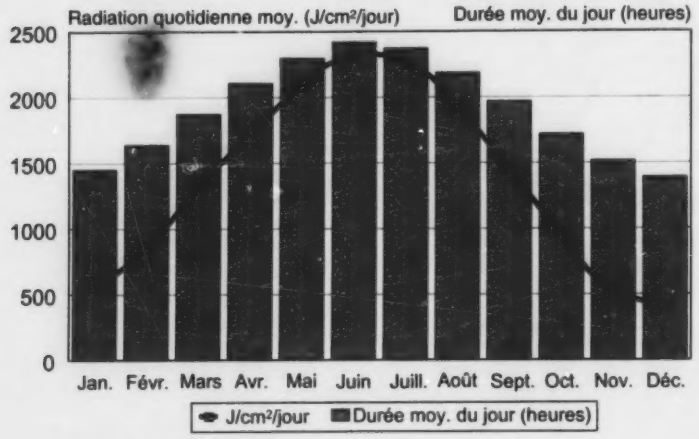
$$6CO_2 + 6H_2O \xrightarrow{\text{lumière}} C_6(H_2O)_6\text{(glucides)} + 6O_2$$

Les schémas d'ensoleillement normaux sont présentés à la figure 2-3, *Heures d'ensoleillement*, à la figure 2-4, *Moyenne hebdomadaire de la radiation solaire* et à la figure 2-5, *Radiation globale*. Il y a peu d'énergie lumineuse disponible pour la croissance au milieu de l'hiver comparativement aux mois d'été, et c'est pourquoi il faut souvent le double du temps pour obtenir le même niveau de croissance en janvier qu'en mai. Il faut tenir compte de ce facteur quand on établit le calendrier de production des légumes de serre. Les méthodes d'exploitation des serres doivent être ajustées en fonction des conditions de lumière qui prévalent. Il faut donc que les ajustements journaliers et saisonniers des températures et des éléments nutritifs soient faits en tenant compte des niveaux de lumière escomptés.

Interaction entre l'intensité lumineuse et la feuille

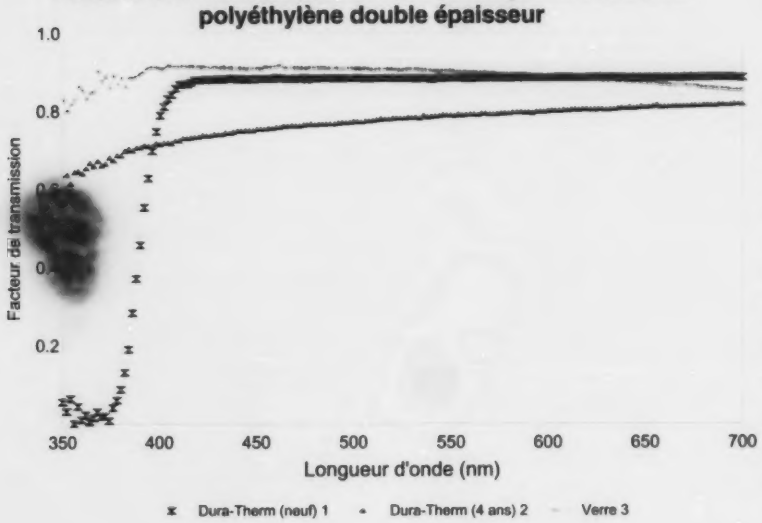
Il y a une interaction manifeste entre la taille de la feuille et l'intensité lumineuse. Ceci est particulièrement vrai pour les jeunes feuilles en croissance durant les périodes de faible rayonnement. La recherche a montré qu'une intensité lumineuse

FIGURE 2-5. Radiation globale (moyenne sur 10 ans)



(Station de recherches de Vineland)

FIGURE 2-6. Transmission de la lumière par le verre et le polyéthylène double épaisseur



réduite est compensée jusqu'à un certain point par une feuille plus grande sans qu'il n'y ait diminution de la photosynthèse par unité de surface de ces feuilles. De grandes feuilles signifient aussi que la lumière sera mieux captée, ce qui améliore le taux global d'efficacité de conversion de la plante. Ces grandes feuilles sont habituellement minces et molles et plus faciles à endommager lorsqu'on les manipule dans le cadre des opérations culturales. Les feuilles qui ont poussé sous une forte intensité lumineuse ont ordinairement une cuticule plus épaisse.

Les plantes ont la capacité de s'adapter à des niveaux de lumière plus faibles. En effet, l'anatomie des feuilles diffère selon la luminosité dont elles bénéficient pendant leur croissance. On sait que les chloroplastes (capteurs de l'énergie lumineuse dans la cellule végétale) sont disposés parallèlement aux radiations solaires dans les feuilles qui poussent sous une lumière intense. Par contre, ils sont alignés perpendiculairement aux radiations solaires (de façon à capter plus d'énergie solaire) dans les feuilles qui poussent sous une faible intensité lumineuse. Il faut noter toutefois que le degré d'adaptation dépend de l'âge de la plante ou des feuilles, et de la longueur de la période d'acclimatation. Ceci explique en partie pourquoi les plantes ayant poussé au printemps sont plus grosses que celles qui ont poussé à l'automne, même si elles ont profité d'une quantité égale de lumière.

Transmission de la lumière

La quantité de lumière qui pénètre à l'intérieur de la serre dépend beaucoup du revêtement utilisé. Le verre a été le revêtement traditionnel des serres de légumes. Cependant, ces dix dernières années, le polyéthylène double épaisseur a fait des gains énormes comme revêtement des serres servant à la culture des légumes. La popularité de ce matériau s'explique par ses avantages sur le plan énergétique, son caractère économique et sa pose qui n'entraîne pas de perte de productivité (voir la figure 2-6, *Transmission de la lumière par le verre et le polyéthylène double épaisseur*).

La conception actuelle du toit des serres et l'augmentation de la hauteur des gouttières permettent une meilleure transmission de la lumière ainsi qu'un milieu et des conditions plus favorables à la croissance.

De nombreux rapports contradictoires ont été publiés sur la transmission de la lumière par différents matériaux. L'emploi de méthodes de mesure différentes explique habituellement les écarts observés. La transmission de la lumière est définie comme la proportion de lumière qui passe à travers un matériau en

TABLEAU 2–1. Table de conversion pour la lumière

Source de lumière	W/m² en µmol/m²/sec	µmol/ m²/sec en W/m²	lux en µmol/ m²/sec	µmol/ m²/sec en lux	lux en W/m²
Lumière du soleil	4,57	0,22	0,02	54,00	0,00
Sodium à haute pression (SON/T)	4,98	0,20	0,01	82,00	0,00
Lumière incandescente	5,00	0,20	0,02	50,00	0,00
Mercure à haute pression	4,52	0,22	0,01	84,00	0,00
Hallogénure métallisé	4,59	0,22	0,01	71,00	0,00

rapport avec la quantité initiale de lumière qui frappe la surface externe d'un objet lorsqu'elle est dirigée perpendiculairement au matériau. En général, seulement 60–75 % de la lumière qui frappe la surface extérieure se rend à la plante. La lumière dont les longueurs d'ondes varient de 400 à 700 nm est la plus utile pour la photosynthèse.

L'intensité de la lumière est souvent exprimée en unités de radiation telles que les watts par mètre carré (W/m^2), en Joules par mètre carré (J/m^2) ou en unités de photométrie, c.-à-d. en lux ou en lumens par pied carré. Le tableau 2-1, *Table de conversion pour la lumière*, donne les facteurs de conversion à utiliser pour passer d'une unité de mesure de la lumière à une autre. Ces facteurs de conversion permettent d'établir des comparaisons entre les valeurs fournies par différents appareils ainsi que par les systèmes informatisés de régulation de l'environnement.

Les deux principaux facteurs qui déterminent la transmission de la lumière d'un revêtement sont : l'indice de réfraction et la quantité de lumière absorbée par le matériau. Des calculs théoriques ont montré que pour le verre, environ 4 % de la lumière est réfléchie à chaque interface air-revêtement. Cela signifie que la transmission de lumière maximale pour une seule couche de matériau est d'environ 92 %. Ce phénomène explique pourquoi la transmission de lumière à travers un revêtement à double épaisseur est considérablement moindre qu'à travers une seule couche de revêtement du même matériau, même lorsque l'épaisseur de la couche unique correspond à l'épaisseur totale des deux couches.

La transmission théorique maximale à travers un matériau à double épaisseur comme le verre serait de 85 %, comme quoi la perte de lumière la plus importante est due essentiellement à la réflexion et non à l'absorption. On comprend ainsi pourquoi la différence dans la transmission de lumière est faible entre des couches de polyéthylène de 100 et de 150 microns.

L'évolution de l'industrie du film de polyéthylène a entraîné des changements dans les propriétés de transmission de la lumière des nouveaux plastiques, améliorant ainsi la réception et la qualité de la lumière au niveau des plantes. Des ajustements à la transmission des rayons ultraviolets ont été apportés aux pellicules de polyéthylène actuellement en usage pour diminuer l'incidence de la maladie et permettre aux bourdons de butiner.

Humidité relative (HR)

L'HR est le rapport entre la quantité réelle de vapeur d'eau présente dans un volume d'air donné (c.-à-d. humidité absolue) et la quantité maximale de vapeur d'eau qui peut être contenue dans ce volume d'air à une température donnée. L'HR est donnée en pourcentage et varie de 40 à 100 % dans la plupart des serres.

La teneur en eau dans un volume d'air donné sous divers taux d'HR est indiquée au tableau 2-2, *Teneur en eau de l'air à 18 °C sous différents taux d'HR.* Tel qu'il est illustré au tableau 2-3, *Effet de la température sur l'air saturé d'eau,* on voit qu'il existe une forte corrélation entre la quantité de vapeur d'eau qui peut être contenue dans l'air et la température, la teneur en eau de l'air doublant presque à chaque augmentation de température de 10 °C.

L'HR est un terme d'usage courant pour décrire le taux d'humidité dans l'air. Cependant, tel qu'il est indiqué aux tableaux 2-2 et 2-3, la teneur réelle de l'air en eau varie selon la température (voir le tableau 2-4, *Influences*

TABLEAU 2–2. Teneur en eau de l'air à 18 °C sous différents taux d'HR

Humidité relative (%)	Teneur en eau (g/m^3)
100	15,7
80	12,6
60	9,4
30	4,7

TABLEAU 2–3. Effet de la température sur l'air saturé d'eau

Température (°C)	Teneur en eau (g/m^3)
–20	1,1
–10	2,4
0	4,9
10	9,5
20	17,8
30	31,8

TABLEAU 2–4. Influences exercées sur la tension de vapeur

Température (°C)	HR (%)	Teneur maximale en eau	Teneur réelle en eau	Déficit de tension de vapeur (g/m^3)
20	70	17,6	12,2	5,4
25	70	23,6	16,4	7,2
30	70	31,7	21,9	10,2

exercées sur la tension de vapeur, pour avoir une meilleure représentation de ce phénomène).

Bien que l'HR soit de 70 % aux trois températures indiquées, la teneur réelle en eau diffère sensiblement. La différence entre la teneur maximale en eau et la teneur réelle en eau représente le déficit de tension de vapeur, qui fournit une meilleure indication de la capacité d'assèchement de l'air. Par exemple, à 20 °C et à 70 % d'HR, l'air peut retenir seulement 6,4 g d'eau/m^3. Cependant, à 30 °C et à 70 % d'HR, l'air peut contenir 10,2 g d'eau/m^3. Cette différence affecte la transpiration des plantes.

Dans l'exemple qui précède, le déficit de tension de vapeur plus faible à 20 °C se traduit par un taux de transpiration inférieur à ce qu'il serait sous le déficit de tension de vapeur plus élevé à 30 °C. À l'intérieur de la feuille, l'air est saturé ou connaît une HR de 100 %. Or, l'air à l'extérieur de la feuille n'est pas complètement saturé. En d'autres mots, l'HR y est moindre que 100 %. L'écart entre ces valeurs, c.-à-d. entre les niveaux de vapeur d'eau à l'intérieur et à l'extérieur de la feuille, détermine le taux de transpiration.

Les déplacements d'eau de la feuille vers l'atmosphère se font par les stomates (qui sont régis par des facteurs biologiques tels que la lumière, la température, la taille du plant) lorsqu'ils sont ouverts.

On détermine le déficit de tension de vapeur (DTV) (terme mathématique consacré) en prenant les températures indiquées par le thermomètre mouillé et par le thermomètre sec, qui servent à déterminer les conditions optimales de transpiration. La vapeur d'eau dans l'air exerce une pression et est indiquée en millibars (mb) ou en kilopascals (kPa). Le déficit d'humidité sert aussi à indiquer l'écart entre la vapeur d'eau présente dans la plante et la vapeur d'eau présente à l'extérieur de la plante. Le tableau 2-5, *DTV en fonction de la température et de l'HR,* montre les valeurs du DTV correspondant à diverses températures et valeurs d'HR. Le tableau fait ressortir la plage de DTV optimale, qui va de 0,4 à 0,8 kPa (4–8 mb). À l'intérieur de cette plage, un taux de transpiration optimal et une absorption optimale des éléments nutritifs conjugués à un niveau de glucides convenable donneront des plantes saines et vigoureuses, à rendement élevé.

Il est possible d'influencer la vigueur et la vitesse de croissance d'une plante en jouant sur le DTV. Si l'on maintient le DTV trop bas, le taux de transpiration sera faible et les plants auront des feuilles plus épaisses et plus grandes, de grosses tiges, un système racinaire plus faible, et seront plus sensibles à la maladie et aux infestations. Si le DTV est trop élevé, le taux de transpiration sera élevé et les plants auront des feuilles minces et plus petites, des tiges plus grêles et un système racinaire plus fort. Des valeurs de DTV extrêmes ou des fluctuations rapides du DTV sont néfastes à la croissance, à la qualité des fruits et à la productivité des plantes.

On peut corriger le DTV dans la serre en modifiant les températures de chauffage, le taux de ventilation et la circulation d'air. On peut aussi modifier le DTV en jouant sur d'autres facteurs, dont les apports d'eau et la brumisation.

Si l'on chauffe ou refroidit l'air de la serre sans changer la quantité d'humidité présente, l'HR diminue ou augmente. On peut utiliser la règle empirique suivante pour la plupart des serres : pour chaque augmentation de température de 1 °C, l'HR baisse de 4 à 6 % et vice versa. Ces changements de l'HR se produisent régulièrement là où des régimes de température diurne et nocturne différents sont établis. Par exemple, de nombreux producteurs vont augmenter la température au lever du soleil d'environ 3 °C et diminuer ainsi l'HR de 12–18 %, provoquant une augmentation de la transpiration. Dans la soirée, la baisse de température augmente l'HR, et il faut parfois ventiler pour prévenir le développement de maladies.

Quand l'air humide atteint son point de saturation, il se forme de la condensation sur les surfaces les plus fraîches de la serre. Le jour, les feuilles sont habituellement plus chaudes que l'air ambiant, mais la nuit, en raison des pertes de chaleur rayonnante, la température des feuilles peut être de 1–2 °C plus basse que celle de l'air. Si l'HR dans la serre est de près de 95 %, la condensation peut se former à la surface des feuilles. Des périodes prolongées de forte HR et la présence d'eau libre favorisent l'éclosion des maladies bactériennes et cryptogamiques, dont les infections causées par *Botrytis* et le blanc de la tomate.

L'HR agit aussi sur le transfert du pollen. Dans le cas des tomates, il est important qu'elle se situe entre 70 et 75 % au moment de la pollinisation, afin de permettre un déplacement adéquat du pollen des anthères sur les stigmates. Après la pollinisation, un taux plus élevé d'HR favorise la germination du pollen, ce qui donne une plus grosse production de fruits et des fruits de meilleur calibre.

Il peut y avoir un taux extrêmement bas d'HR lorsqu'on laisse une quantité importante d'air sec entrer dans la serre, par exemple au cours d'une journée claire et ensoleillée au début de l'année. Durant ces périodes, le cycle de refroidissement doit être surveillé de près, car trop de ventilation réduit trop rapidement l'HR et peut ainsi causer une brûlure du jeune feuillage ou une torsion du jeune fruit du concombre, ce qui diminue le rendement de la plante et la qualité du fruit.

Un système de nébulisation qui maintient le taux d'HR peut être installé afin de prévenir les dommages à certaines cultures. Durant l'été, lorsque la ventilation à air pulsé est requise, le taux d'HR est rarement un problème le jour, sauf si des écrans de refroidissement par évaporation ont été installés pour refroidir. Cependant, la nuit, la ventilation et/ou le chauffage sont souvent nécessaires pour prévenir un taux d'HR vraiment trop élevé et la condensation sur le feuillage.

Gaz carbonique (CO_2)

La concentration du CO_2 ambiant dans l'air extérieur est d'environ 340 ppm (parties par million) par volume. Durant le processus de photosynthèse, les plantes absorbent le gaz carbonique (CO_2) de l'air et le combinent avec de l'eau (H_2O) pour produire les glucides nécessaires à leur croissance. Ce processus se produit seulement lorsqu'il y a suffisamment de radiation solaire (lumière). Conséquemment, la concentration de CO_2 dans une serre étanche à l'air peut (si elle n'est pas suffisamment ventilée) descendre bien en deçà de la concentration ambiante, plus particulièrement durant les périodes ensoleillées. Des niveaux aussi bas de CO_2 causent une faible activité de photosynthèse et par conséquent une croissance lente des plantes et de faibles rendements en fruits. Des réductions significatives de la concentration de CO_2 dans les serres (allant jusqu'à un niveau aussi bas que 200 ppm) ont été observées durant des périodes de fort ensoleillement même avec la ventilation d'été. L'enrichissement en CO_2 durant la ventilation peut être économique mais doit être considéré au cas par cas.

Des recherches ont démontré que la croissance des plantes s'améliore de 15–20 % dans les serres lorsque le niveau de CO_2 passe à 800–1300 ppm le jour. Le niveau optimal d'enrichissement en CO_2 dépend de la culture et du mouvement de l'air à l'intérieur de la serre. Habituellement, lorsque la circulation d'air est bonne, le niveau optimal de CO_2 est d'environ 1000 ppm les journées ensoleillées et 400 ppm les journées nuageuses ou lorsque les orifices de ventilation sont ouverts plus que 10 %. En Ontario, la plupart des serriculteurs qui produisent toute l'année recourent à l'enrichissement en CO_2 et surveillent le maintien de la concentration de CO_2 au niveau voulu à l'aide d'appareils de réglage.

TABLEAU 2–5. DTV en fonction de la température et de l'HR (en mb)

	HR									
TEMP °C	**50**	**55**	**60**	**65**	**70**	**75**	**80**	**85**	**90**	**95**
15,0	8,5	7,7	6,8	6,0	5,1	4,3	3,4	2,6	1,7	0,9
16,0	9,1	8,2	7,3	6,4	5,5	4,6	3,6	2,7	1,8	0,9
17,0	9,7	8,7	7,8	6,8	5,8	7,5	3,9	2,9	1,9	1,0
18,0	10,3	9,3	8,3	7,2	6,2	5,2	4,1	3,1	2,1	1,0
19,0	11,0	9,9	8,8	7,7	6,6	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1
20,0	11,7	10,5	9,4	8,2	7,0	5,9	4,7	3,5	2,3	1,2
21,0	12,4	11,9	9,9	8,7	7,5	6,2	5,0	3,7	2,5	1,2
22,0	13,2	11,9	10,6	9,3	7,9	6,6	5,3	4,0	2,6	1,3
23,0	14,1	12,6	11,2	9,8	8,4	7,0	5,6	4,2	2,8	1,4
24,0	14,9	13,4	11,9	10,4	9,0	7,5	6,0	4,5	3,0	1,5
25,0	15,8	14,3	12,7	11,1	9,5	7,9	6,3	4,8	3,2	1,6
26,0	16,8	15,1	13,4	11,8	10,1	8,4	6,7	5,0	3,4	1,7
27,0				12,5	10,7	8,9	7,1	5,4	3,6	1,8
28,0				13,2	11,3	9,5	7,6	5,7	3,8	1,9
29,0					12,0	10,0	8,0	6,0	4,0	2,0
30,0					12,7	10,6	8,5	6,4	4,2	2,1

Note : Le préférendum de la plupart des plantes en serre se trouve dans la partie non ombragée.
1 mb = 0.1 kPa
0.1 kPa = 0.7 g/m^3 = 3 % HR

Méthodes d'enrichissement en CO_2

La récupération de CO_2 à partir des fumées de combustion de carburants comme le gaz naturel, le propane ou le kérosène à faible teneur en soufre, constitue la méthode la plus courante d'enrichissement en CO_2. Les combustibles sont brûlés dans des brûleurs spéciaux placés à des endroits stratégiques de la serre afin d'en faciliter la distribution. Le CO_2 peut aussi être récupéré à partir des fumées de combustion des installations de chauffage ou des chaudières. La chaleur produite par les émissions de gaz de combustion est emmagasinée comme eau chaude dans de grands réservoirs tampons et utilisée la nuit lorsque le besoin de chaleur se fait sentir. On a aussi beaucoup recours maintenant au CO_2 liquide qui, grâce à son usage répandu, est plus économique.

On procède de plus en plus à l'enrichissement en CO_2 durant l'été lorsque les orifices de ventilation sont complètement ouverts. Le maintien du taux de CO_2 à 400 ppm lorsque les orifices de ventilation sont entièrement ouverts améliore le calibre, la qualité et la couleur des fruits. Le CO_2 liquide et le CO_2 récupéré à partir des gaz de combustion se prêtent bien à l'enrichissement en CO_2 pendant l'été. L'éventuelle augmentation de rendement doit être évaluée à la lumière de l'accroissement des coûts et de la possibilité de profits décevants si les conditions du marché sont défavorables.

Le taux d'enrichissement en CO_2 dépend du taux d'infiltration de l'air extérieur dans la serre. La capacité des brûleurs et le taux de CO_2 liquide pour différents types de serres sont indiqués dans la fiche technique du MAAARO, *Le gaz carbonique dans les serres*, commande n° 00-078. En règle générale, un taux d'enrichissement en CO_2 de 45–65 kg/ha/heure maintient la concentration de gaz carbonique à 1000 ppm dans une serre fermée ou à 350–400 ppm dans une serre ventilée. Cette fiche technique traite aussi de la distribution du CO_2, du coût, ainsi que des dangers d'une combustion incomplète, et devrait être consultée par tout producteur qui pense recourir à l'enrichissement en CO_2.

Conservation de l'énergie

Dans les serres commerciales, il est recommandé de tirer parti de manière judicieuse des techniques de conservation de l'énergie. Les répercussions de ces techniques sur la production des cultures doivent toutefois êtres prises en compte.

TABLEAU 2–5. DTV en fonction de la température et de l'HR (en mb)

	HR									
TEMP °C	**50**	**55**	**60**	**65**	**70**	**75**	**80**	**85**	**90**	**95**
15,0	8,5	7,7	6,8	6,0	5,1	4,3	3,4	2,6	1,7	0,9
16,0	9,1	8,2	7,3	6,4	5,5	4,6	3,6	2,7	1,8	0,9
17,0	9,7	8,7	7,8	6,8	5,8	7,5	3,9	2,9	1,9	1,0
18,0	10,3	9,3	8,3	7,2	6,2	5,2	4,1	3,1	2,1	1,0
19,0	11,0	9,9	8,8	7,7	6,6	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1
20,0	11,7	10,5	9,4	8,2	7,0	5,9	4,7	3,5	2,3	1,2
21,0	12,4	11,9	9,9	8,7	7,5	6,2	5,0	3,7	2,5	1,2
22,0	13,2	11,9	10,6	9,3	7,9	6,6	5,3	4,0	2,6	1,3
23,0	14,1	12,6	11,2	9,8	8,4	7,0	5,6	4,2	2,8	1,4
24,0	14,9	13,4	11,9	10,4	9,0	7,5	6,0	4,5	3,0	1,5
25,0	15,8	14,3	12,7	11,1	9,5	7,9	6,3	4,8	3,2	1,6
26,0	16,8	15,1	13,4	11,8	10,1	8,4	6,7	5,0	3,4	1,7
27,0				12,5	10,7	8,9	7,1	5,4	3,6	1,8
28,0				13,2	11,3	9,5	7,6	5,7	3,8	1,9
29,0					12,0	10,0	8,0	6,0	4,0	2,0
30,0					12,7	10,6	8,5	6,4	4,2	2,1

Note : Le préférendum de la plupart des plantes en serre se trouve dans la partie non ombragée.
1 mb = 0,1 kPa
0,1 kPa = 0,7 g/m^3 = 3 % HR

Méthodes d'enrichissement en CO_2

La récupération de CO_2 à partir des fumées de combustion de carburants comme le gaz naturel, le propane ou le kérosène à faible teneur en soufre, constitue la méthode la plus courante d'enrichissement en CO_2. Les combustibles sont brûlés dans des brûleurs spéciaux placés à des endroits stratégiques de la serre afin d'en faciliter la distribution. Le CO_2 peut aussi être récupéré à partir des fumées de combustion des installations de chauffage ou des chaudières. La chaleur produite par les émissions de gaz de combustion est emmagasinée comme eau chaude dans de grands réservoirs tampons et utilisée la nuit lorsque le besoin de chaleur se fait sentir. On a aussi beaucoup recours maintenant au CO_2 liquide qui, grâce à son usage répandu, est plus économique.

On procède de plus en plus à l'enrichissement en CO_2 durant l'été lorsque les orifices de ventilation sont complètement ouverts. Le maintien du taux de CO_2 à 400 ppm lorsque les orifices de ventilation sont entièrement ouverts améliore le calibre, la qualité et la couleur des fruits. Le CO_2 liquide et le CO_2 récupéré à partir des gaz de combustion se prêtent bien à l'enrichissement en CO_2 pendant l'été. L'éventuelle augmentation de rendement doit être évaluée à la lumière de l'accroissement des coûts et de la possibilité de profits décevants si les conditions du marché sont défavorables.

Le taux d'enrichissement en CO_2 dépend du taux d'infiltration de l'air extérieur dans la serre. La capacité des brûleurs et le taux de CO_2 liquide pour différents types de serres sont indiqués dans la fiche technique du MAAARO, *Le gaz carbonique dans les serres*, commande n° 00-078. En règle générale, un taux d'enrichissement en CO_2 de 45–65 kg/ha/heure maintient la concentration de gaz carbonique à 1000 ppm dans une serre fermée ou à 350–400 ppm dans une serre ventilée. Cette fiche technique traite aussi de la distribution du CO_2, du coût, ainsi que des dangers d'une combustion incomplète, et devrait être consultée par tout producteur qui pense recourir à l'enrichissement en CO_2.

Conservation de l'énergie

Dans les serres commerciales, il est recommandé de tirer parti de manière judicieuse des techniques de conservation de l'énergie. Les répercussions de ces techniques sur la production des cultures doivent toutefois êtres prises en compte.

TABLEAU 2–6. Classement de la qualité de l'eau

Classe	Conductivité électrique (mS/cm)	Sodium (ppm)	Chlorures (ppm)	Sulfates (ppm)
1	0,5	30	50	100
2	0,5–1	30–60	50–100	100–200
3	1,0–1,5	60–90	100–150	200–300

Des techniques de conservation de l'énergie, comme l'utilisation de serres à double paroi de polyéthylène ou de serres revêtues de panneaux latéraux d'acrylique SDP®, sont fréquemment utilisées en Ontario. Des changements aux pratiques agronomiques et de gestion ont été mis en œuvre pour compenser une plus faible transmission de la lumière et un plus faible taux de renouvellement de l'air à l'heure, afin que ces facteurs n'aient pas de répercussions négatives sur les productions végétales (une serre de verre permet de 0,75–1,5 renouvellement/heure, tandis que les serres à double paroi de polyéthylène permettent 0,2–1,0 renouvellement/heure). La grande augmentation du prix des combustibles au début des années 1970 a conduit à la mise en œuvre de techniques de conservation de l'énergie et au réglage à la baisse des températures dans les serres. Cependant, la plupart des producteurs serricoles de l'Ontario ont conclu que de maintenir une moyenne de température plus basse sur 24 heures dans le but d'économiser l'énergie n'était pas rentable du fait que le rendement s'en trouvait amoindri.

Les écrans d'ombrage sont peu utilisés dans les serres de production de légumes en Ontario, bien que les producteurs y portent un intérêt accru depuis l'arrivée sur le marché de nouvelles serres qui en sont pourvues.

Eau

Un approvisionnement en eau de bonne qualité est important pour une production rentable de cultures de serre. On doit donc choisir un site qui offre un grand approvisionnement en eau de qualité supérieure. La plupart des exploitations productrices de légumes de serre du sud-ouest de l'Ontario utilisent l'eau des réseaux municipaux alimentés par les Grands Lacs. D'autres doivent se fier à l'eau d'un puits ou à l'eau de pluie accumulée dans des étangs. Il n'est pas recommandé d'utiliser uniquement l'eau des cours d'eau, étant donné le risque plus élevé d'y trouver des contaminants qui pourraient nuire à la culture.

Dans la plupart des régions, l'eau du réseau municipal est de qualité adéquate avec une teneur en sels solubles inférieure à 0,75 millisiemens par centimètre (mS/cm)[1]. Comme l'eau venant d'un puits peut être de très mauvaise qualité et impropre à une irrigation continue, il faut obligatoirement la faire analyser.

En règle générale, la qualité de l'eau destinée à être utilisée en serre peut être divisée en trois classes (voir le tableau 2-6, *Classement de la qualité de l'eau*). L'eau de classe 1 convient à toutes les utilisations. L'eau de classe 2 convient à la culture sur substrat et sur sol, dans laquelle un lessivage est possible. Cette eau ne convient toutefois pas à la culture sur film nutritif ni lorsqu'on envisage de faire recirculer les solutions nutritives. L'eau de classe 3 est la moins bonne de toutes et ne doit pas être utilisée sur des cultures sensibles au sel.

La qualité de l'eau d'irrigation est plus importante dans les cultures sur laine de roche que dans les cultures sur sol. Il faut en tenir compte avant d'établir un programme de fertilisation. Par exemple, si l'eau contient une grande quantité de calcium ou de magnésium, les taux de nitrate de calcium et de sulfate de magnésium devront être réduits proportionnellement, et la perte d'azote due à ces ajustements devra être compensée par une augmentation de la quantité des autres sources d'engrais azoté. Certaines réserves d'eau peuvent renfermer des concentrations élevées d'oligo-éléments comme le fer, le zinc et le manganèse.

Les opérations de fertilisation des légumes de serre doivent se faire avec une eau renfermant moins que 50 ppm de sodium et moins que 70 ppm de chlorure. Au-delà de ces concentrations (100 ppm de sodium ou 140 ppm de chlorure, par exemple), l'eau ne doit pas être utilisée. Il faut alors trouver des sources d'eau de remplacement ou utiliser un système de purification d'eau, notamment l'osmose inverse. Les tomates

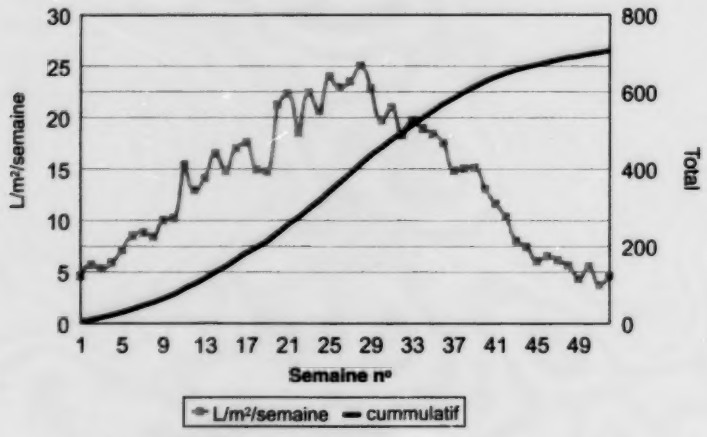
1. 1 mS/cm ~1 mmhos/cm ou 1000 µS/cm ~ 1000 µmhos/cm

peuvent être cultivées sans trop de difficulté dans une solution nutritive contenant 100 ppm de chlorure. Cependant, il est préférable de choisir une source d'approvisionnement en eau ayant une faible teneur en sodium et en chlorure.

Lorsqu'on utilise de l'eau de pluie, on en hausse la concentration généralement faible de bicarbonate en ajoutant du bicarbonate de potassium à l'eau (et non aux solutions-mères). Lorsque la concentration de bicarbonate dans l'eau est supérieure à 60 ppm, ajouter des acides nitrique et/ou phosphorique afin de corriger le pH.

Dans les régions sans lac ou sans réseau municipal d'alimentation en eau, il faut songer à une citerne ou à un étang pour la collecte et l'entreposage des eaux de pluie. On doit se rappeler que les cultures en serre exploitées à longueur d'année requièrent plus d'eau que la quantité annuelle de précipitations recueillies du toit de la serre. Il faut donc une source supplémentaire d'eau quand on utilise une citerne pour récolter toutes les précipitations qui tombent sur le toit durant une année. Le système d'irrigation doit débiter au moins 8 L/m^2/jour pour combler les besoins d'une culture à pleine maturité. Des cultures qui atteignent leur pleine maturité en serre (p. ex. les concombres) peuvent demander jusqu'à 5 L d'eau/plant/jour durant les mois ensoleillés de l'été (voir la figure 2-7, *Quantités d'eau nécessaires aux légumes de serre*).

FIGURE 2–7. Quantités d'eau nécessaires aux légumes de serre



Au CRCAI (Harrow)

3. Analyses

Comme les systèmes hydroponiques ont un faible pouvoir tampon, tous les éléments fertilisants sont assimilables par la culture. Toute erreur dans la fertilisation a donc des répercussions immédiates. Avec l'utilisation actuelle des systèmes de culture hydroponique dans la production de légumes de serre, les producteurs doivent faire preuve d'une plus grande précision dans l'application des fertilisants.

On fait habituellement appel à un laboratoire accrédité par le MAAARO pour effectuer les analyses des substrats et des solutions nutritives utilisés dans les serres. Les prix varient d'un laboratoire à l'autre, et il en va de même du service et de la fiabilité. Choisir un laboratoire qui offre un service fiable et rapide. Il est toujours possible d'utiliser des trousses d'échantillonnage pour effectuer les tests sur place, quoique la plupart des producteurs préfèrent la fiabilité des laboratoires commerciaux. Bien qu'il soit acceptable d'utiliser les trousses à échelles colorimétriques et les trousses d'analyse d'un seul élément pour vérifier plus souvent certains éléments nutritifs, il vaut mieux s'en remettre aux résultats des analyses de laboratoire.

Solution aqueuse et analyses de l'eau

L'analyse fréquente et périodique de la solution nutritive permet de déceler des tendances dans les concentrations d'éléments nutritifs avant que les problèmes ne surgissent. Il est bon de soumettre des échantillons de la solution nutritive appliquée à la culture, ainsi que des échantillons de la solution présente dans la zone des racines ou le substrat.

L' analyse toutes les semaines ou toutes les deux semaines

- de la solution nutritive (solution appliquée à la culture),
- de la solution qui se trouve dans la zone racinaire (solution extraite du sac) et
- du lixiviat (produit de lixiviation provenant du sac)

confirme que la culture reçoit une fertilisation appropriée et indique les ajustements à apporter pour compenser les éléments nutritifs assimilés par les plantes.

Dans le cas de la culture sur film nutritif, une analyse hebdomadaire de la solution nutritive prélevée dans le bassin fournit le même genre d'information. Les tests effectués doivent toujours faire le bilan à la fois des macro-éléments et des oligo-éléments.

Analyses tissulaires et foliaires

Ces analyses fournissent des renseignements sur les concentrations d'éléments nutritifs dans les végétaux. Des analyses périodiques indiquent les tendances et permettent ainsi de mettre en place des mesures correctives avant que les problèmes n'apparaissent. Toutes les 3 ou 4 analyses des éléments nutritifs ou de l'eau, il est bon d'effectuer une analyse foliaire.

Voici, pour chaque culture, la feuille spécifique qui sert à l'analyse :

- Tomate — la 5e feuille de la tige principale, à partir du point de croissance;
- Concombre — la 3e feuille (celle qui fait 10 cm de large) à partir du point de croissance ou, après le pincement de la tige principale, feuille d'une tige latérale dans la partie supérieure du feuillage;
- Poivron — une nouvelle feuille entièrement déployée se trouvant à environ 15 cm du point de croissance;
- Laitue — une feuille à maturité.

On enveloppe les échantillons de feuilles dans un essuie-tout, qu'on insère dans un sac de plastique, qu'on introduit, après l'avoir scellé, dans une enveloppe brune

ordinaire. Cette enveloppe peut être postée ou expédiée par messagerie au laboratoire.

Le tableau 3-1, *Guide des concentrations d'éléments nutritifs dans les tissus foliaires*, précise la plage des concentrations acceptables normales pour les légumes de serre.

Analyses de sol

Dans le cas des légumes de serre cultivés sur sol, il est important, avant les plantations, d'assujettir les programmes de fertilisation pré-plantation et post-plantation aux résultats d'une analyse préalable du sol. Des analyses périodiques durant la saison sont indispensables si l'on veut veiller à ce que les cultures reçoivent une fertilisation adéquate.

Les échantillons de sol doivent être représentatifs du type de sol présent dans la serre. Pendant la saison de croissance, une analyse du sol à toutes les 2 semaines contribue à maintenir un programme de fertilisation idéal. À l'aide d'une sonde, prélever des échantillons en différents points de la serre à une profondeur de 20 cm. Réunir ces échantillons, bien les mélanger et faire parvenir le tout au laboratoire aux fins d'analyse. Il est aussi possible d'échantillonner séparément des zones où le type de sol est différent ou des zones présentant un problème particulier, afin d'établir des programmes de fertilisation spécialement adaptés à ces zones.

Le tableau 3-2, *Directives d'analyse des substrats utilisés dans les serres par la méthode des extraits boueux*, fournit les concentrations d'éléments nutritifs acceptables dans le sol et sert de guide pour la correction ultérieure du programme de fertilisation.

TABLEAU 3–1. Guide des concentrations d'éléments nutritifs dans les tissus foliaires

	Tomate	Concombre	Poivron	Laitue
Macro-éléments (%)				
Azote	4,0–5,5	4,0–6,0	3,5–5,5	4,0–5,0
Phosphore	0,3–0,65	0,6–1,0	0,4	0,6–0,8
Potassium	3,5–5,0	3,5–4,0	5,0–5,9	7,8–13,6
Calcium	1,6–3,2	2,4–3,2	2,8–3,2	0,8–1,2
Magnésium	0,36–0,5	0,36–0,5	0,5–0,75	0,25–0,5
Soufre	1,3	0,3	0,5	0,3
Oligo-éléments (ppm)				
Manganèse	55–165	55–165	55	55–110
Cuivre	5–10	7–12	5–10	6
Zinc	30–50	40–60	30–60	30
Bore	55–75	55–75	55–75	45
Fer	85–110	85–110	112	85–110

TABLEAU 3–2. Directives d'analyse des substrats utilisés dans les serres par la méthode des extraits boueux

Concentration	Basse	Acceptable	Optimale	Élevée	Très élevée
Sel soluble, mS/cm	0–0,75	0,75–2,0	2,0–3,5	3,5–5,0	5,0+
Azote des nitrates, ppm	0–39	40–99	100–199	200–299	300+
Phosphore, ppm	0–2	3–5	6–10	11–18	19+
Potassium, ppm	0–59	60–149	150–249	250–349	350+
Calcium, ppm	0–79	80–199	200+	—	—
Magnésium, ppm	0–29	30–69	70+	—	—

4. Milieu de croissance

Le milieu de croissance doit répondre aux quatre besoins essentiels de la plante : eau, éléments nutritifs, oxygène et support pour les racines. La dernière décennie a vu la culture hydoroponique ou culture sans sol se substituer à la culture sur sol. De nos jours, la plupart des légumes de serre sont cultivés sur laine de roche (77 %) ou suivant le système de culture sur film nutritif (12 %). D'autres substrats sont aussi utilisés, comme la noix de coco, la mousse, les boulettes d'argile expansée, la tourbe, le bran de scie (1 %). La culture traditionnelle sur sol ne représente plus que 10 % de la superficie consacrée à la culture des légumes en serre.

Culture sur laine de roche

La laine de roche est un milieu de culture artificiel, fait de roche basaltique, de coke et de calcaire. La roche basaltique est fondue dans un four, puis filée en couches successives pour former des matelas. Ces matelas servent à isoler bâtiments et tuyaux, mais ils servent aussi à des fins horticoles. La laine de roche horticole est fabriquée selon des directives strictes qui garantissent l'obtention d'un produit homogène, qui a une densité précise, est traité avec un agent mouillant et est enveloppé et scellé dans des sacs de polyéthylène.

La laine de roche horticole :

- est stérile (exempte de pathogènes, de graines de mauvaises herbes, etc.);
- a une faible capacité d'échange cationique ou est inerte et n'interagit pas avec la solution nutritive;
- a une grande capacité de rétention d'eau;
- a habituellement un pH initial élevé;
- est légère et facile à manipuler; et
- permet d'abréger l'intervalle entre les cultures.

Comme la laine de roche est un substrat qui se draine librement, il est important de soigner la disposition du système de culture à l'intérieur de la serre, afin que toutes les plantes soient arrosées uniformément. Si la disposition est mauvaise, certains sacs risquent de rester mouillés, ce qui nuit à la croissance et donne une culture qui manque d'uniformité.

Voici les éléments fondamentaux de tout système de culture sur laine de roche :

- membrane isolante créant une barrière entre la surface du sol et le milieu ambiant;
- panneau de styromousse à des fins isolantes (placé sous le matelas de laine de roche et soit au-dessus de la membrane isolante soit en dessous);
- système d'irrigation goutte-à-goutte;
- système de collecte du lixiviat.

La laine de roche vient en matelas, en blocs, en micro-mottes et en granules. Les granules sont utilisées telles quelles ou ajoutées à la tourbe dans la culture en sacs de tourbe pour former un mélange laine et tourbe. La culture en sacs de granules n'est pas aussi pratiquée que la culture sur matelas de laine de roche. Dans la culture sur matelas de laine de roche, les semis se font dans des micro-mottes de laine de roche. Après la germination, les plants sont repiqués dans des blocs de laine de roche. Une fois que les plants ont atteint la taille et le stade voulus, on les transplante dans les matelas de laine de roche qui se trouvent dans la serre de culture. Cette étape peut prendre jusqu'à 6–8 semaines pour les tomates, 3–4 semaines pour les concombres et 7–9 semaines pour les poivrons. Cette période est plus longue en hiver qu'en été.

La culture sur laine de roche peut se faire dans le cadre d'un système ouvert ou d'un système fermé.

Système ouvert

Dans un tel système, le lixiviat n'est pas réutilisé. On profile le sol de la serre de manière à ce qu'il y ait un sillon entre les rangs, à ce que l'allée soit surélevée et à ce que le sol où reposent les matelas soit de niveau ou légèrement incliné en direction du sillon (selon une

pente inférieure à 0,5 %). Le sillon fait office de drain pour recueillir le lixiviat. On recouvre normalement le sol profilé d'une membrane et l'on installe le système d'irrigation goutte-à-goutte dans le sillon pour des raisons pratiques (voir l'illustration d'un système de base à la figure 4-1, *Schéma d'un système ouvert de culture sur laine de roche*).

Système fermé

Dans un système fermé, le lixiviat est recueilli, traité et réutilisé pour irriguer la culture. La disposition de base est semblable à celle du système ouvert, si ce n'est que le sillon de drainage a une pente de 0,5 % en direction d'une des extrémités de la serre. On étend une membrane de plastique au fond du sillon, on y dépose un tuyau de plastique souple perforé, on remblaie avec du gravier fin et propre jusqu'au niveau du sol, puis on recouvre le sol d'une membrane de plastique (PLANCHE 1) (voir la figure 4-2, *Schéma d'un système fermé de culture sur laine de roche*).

Le diamètre du tuyau de plastique souple est fonction de la grosseur du sillon. Dans la plupart des cas, un tuyau de plastique d'un diamètre de 5 cm (2 po) suffit à recueillir et à évacuer rapidement le lixiviat. On dépose les matelas de laine de roche aux endroits appropriés, et à vis-à-vis chaque trou de drainage pratiqué dans le matelas, on entaille la membrane de plastique qui recouvre le sol afin que le lixiviat puisse gagner le tuyau de plastique souple. Celui-ci est raccordé à un tuyau d'égout de 10 cm (4 po) qui se déverse dans un bassin collecteur, où le lixiviat est emmagasiné et traité avant d'être réutilisé pour irriguer la culture.

Il existe bien d'autres moyens de récupérer le lixiviat, dont :

- des manchons en plastique souple avec des pattes de fixation destinées à garder les matelas de laine de roche hors du lixiviat;
- du styromousse moulé de manière à retenir le matelas et pourvu d'un sillon plus profond qui évacue le lixiviat;
- des rigoles d'aluminium préformé à fond profilé de manière à canaliser le lixiviat;
- des rigoles de plastique préformé à fond profilé de manière à permettre la récupération du lixiviat.

Les producteurs ont de plus en plus tendance à utiliser le système en « V ». Dans ce système, qui permet d'aligner deux fois plus de plants sur une même rangée, les plants sont palissés sur les cordons inclinés alternativement de part et d'autre du rang de manière à former un « V ». Ce système exige moins de laine de roche, mais oblige à avoir un système d'irrigation capable de débiter 150–200 mL/plant/cycle toutes les 15 minutes.

FIGURE 4–1. Schéma d'un système ouvert de culture sur laine de roche

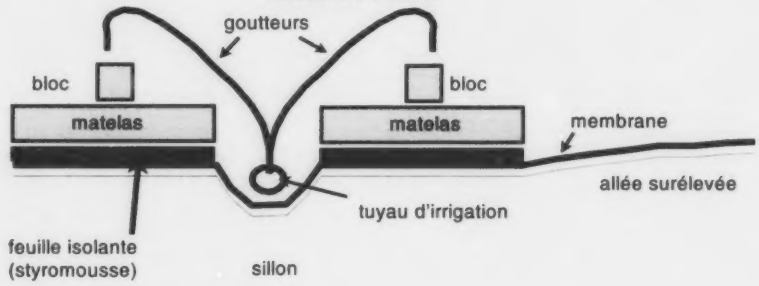
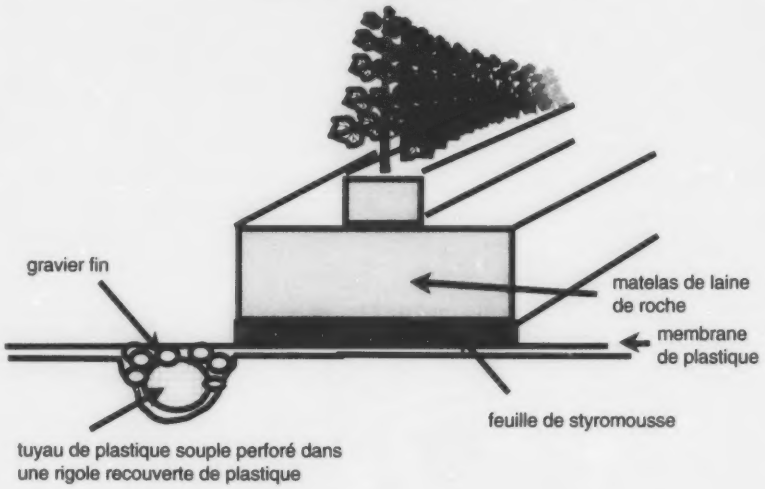


FIGURE 4–2. Schéma d'un système fermé de culture sur laine de roche



Le système de rigoles surélevées (PLANCHE 2), bien qu'il soit actuellement à l'essai en Ontario, gagne en popularité. Dans ce système, les matelas de laine de roche sont placés dans des rigoles préformées qui sont surélevées à 80–120 cm du sol grâce soit à des supports, soit à des chaînes accrochées à la structure de la serre lorsqu'elle peut supporter cette charge. Les matelas de laine de roche utilisés dans ce système sont habituellement deux fois moins longs (50 cm) et un peu plus larges (20 cm) qu'à l'ordinaire. On double le nombre de plants par matelas (comme dans le cas du système en « V ») et on recueille le lixiviat pour le traiter et le réutiliser. On laisse l'espace d'un matelas entre chaque matelas de laine de roche, de manière à permettre l'ajout des nouveaux matelas destinés à la culture suivante.

Le système qui précède permet d'insérer une culture intercalaire qu'on sème vers la fin du cycle de la culture déjà en place. La dernière récolte de la vieille culture coïncide avec la première de la nouvelle.

L'avantage d'un système fermé, c.-à-d. où le lixiviat est recyclé, tient à l'efficacité accrue de l'utilisation des engrais et de l'eau.

Une fois les matelas placés dans la serre, on marque l'emplacement des plants et on perce un trou rond ou carré dans la gaine de plastique. La grosseur du bloc de laine de roche utilisé détermine la grosseur du trou. Il ne faut pas couper la laine de roche; on ne coupe que le sac de plastique de manière à exposer le matelas de laine de roche. Avant la transplantation dans les matelas de laine de roche, il faut bien humecter les sacs avec une solution nutritive complète.

Il ne reste plus qu'à placer un gouteur dans chaque trou et à commencer l'irrigation.

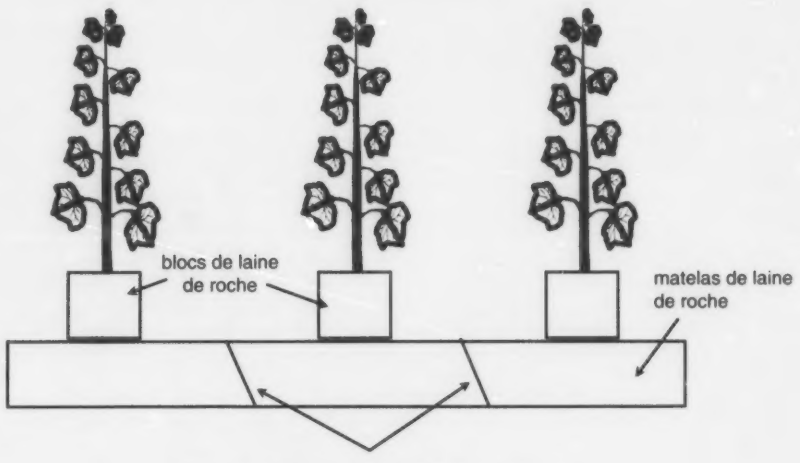
Gestion de l'eau

Même s'ils se drainent librement, les matelas de laine de roche peuvent devenir engorgés d'eau. Cette situation est particulièrement dommageable dans les premiers stades de croissance et sous un faible rayonnement lumineux. Il est donc important d'installer correctement les sacs pour obtenir un drainage optimal.

ATTENTION : La laine de roche est plus ou moins sèche selon les caractéristiques des matelas achetés. Comme certains matelas sont conçus pour rester secs, il vaut mieux dans leur cas s'abstenir de les imbiber d'eau, ou, le faire mais avec prudence.

Une fois les sacs placés dans la serre, ils sont saturés d'une solution nutritive complète (voir les sections 6, 7, 8 et 9 pour connaître la composition des solutions propres à chaque culture). Il faut que chaque sac soit complètement saturé si l'on veut activer l'agent mouillant et faire en sorte que le matelas entier constitue un milieu propice à l'enracinement. Après la plantation, on réalise des fentes de drainage en incisant de bas en haut l'enveloppe du matelas (voir la figure 4-3, *Fentes de drainage dans les matelas servant à la culture du concombre*). Cette opération se fait habituellement dans les 24–48 heures qui suivent la plantation. On arrose les plants pendant ½ heure, puis on attend 2–3 jours, selon les conditions météorologiques, avant d'arroser à nouveau. On s'assure ainsi de la pénétration rapide des racines dans le matelas et on laisse la chance au matelas de s'assécher. Après 2–3 jours, on arrose pendant

FIGURE 4–3. Fentes de drainage dans les matelas servant à la culture du concombre



15 minutes, puis on s'abstient d'arroser pendant 2–3 jours (selon le temps qu'il fait).

Par la suite, on arrose au besoin en décidant de la quantité d'eau en fonction des facteurs suivants :

- stade de croissance des plants;
- lumière;
- températures dans la serre et dans les matelas;
- humidité relative ou déficit de tension de vapeur dans la serre;
- importance de la circulation d'air.

En général, on utilise 100 mL de solution nutritive/cycle. Par contre, ce volume peut varier selon :

- le type de laine de roche;
- le stade de croissance;
- la période de l'année;
- la conductivité électrique (CÉ), qui constitue une mesure de la concentration d'engrais dans la solution; et
- le pourcentage de drainage.

Pour décider des arrosages, on surveille la CÉ dans le matelas et on détermine le pourcentage de lixiviation. On attache une aiguille hypodermique de gros calibre à une seringue de 50 cc pour extraire la solution nutritive du matelas. On mesure la CÉ à l'aide d'un conductivimètre traditionnel ou de poche.

On surveille aussi le pourcentage de lixiviation. Pour ce faire, on place 1 ou 2 matelas dans un plateau muni d'un drain et on mesure la quantité d'eau recueillie. Habituellement, on recommande d'arroser de manière à obtenir 20–30 % de lixiviation. Ce pourcentage peut être mesuré par un appareil électronique, ou simplement en soustrayant le volume de lixiviat du volume de solution fourni.

La méthode la plus simple consiste à recueillir dans un contenant gradué de 4 L la solution débitée par un seul goutteur et de recueillir dans un contenant identique le lixiviat provenant de 4 plants. Un niveau égal de liquide dans les deux contenants indique que le taux de lixiviation est de 25 % (voir la figure 4-4, *Mesure du taux de lixiviation*). On doit prendre cette mesure au même moment chaque jour, habituellement avant le premier arrosage, afin de pouvoir ajuster l'arrosage et obtenir ainsi un milieu favorable aux racines.

On doit garder un relevé quotidien des volumes de lixiviat et d'eau d'arrosage. On doit également prendre en note le taux de conductivité électrique (CÉ) et le pH de l'eau d'irrigation et du matelas.

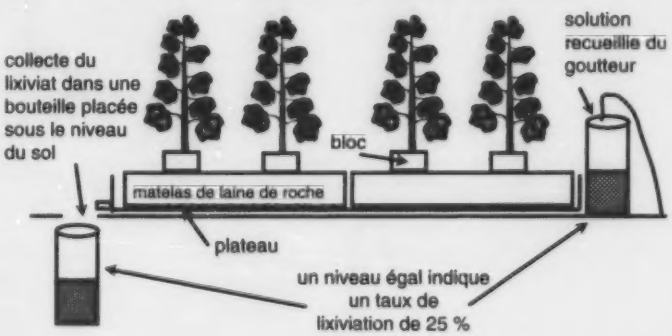
Il n'est habituellement pas recommandé d'arroser la nuit. Commencer les cycles d'irrigation 1–2 heures après le lever du jour et les faire se terminer 1–2 heures avant le coucher du soleil. Après le premier cycle d'irrigation, soumettre les matelas à une mesure du taux de lixiviation. S'il n'y a pas de lixiviat après le 3^{e} cycle, les sacs sont trop secs. Il faut alors poursuivre l'irrigation plus tard en soirée ou la commencer plus tôt le matin. Par contre, si l'on recueille du lixiviat après le 1er cycle, les matelas sont trop mouillés. Il est alors conseillé de retarder l'heure de démarrage de l'irrigation ou de cesser l'irrigation plus tôt.

Si le programme d'irrigation n'est pas établi convenablement, les matelas risquent d'être :

1. **trop mouillés** – avec pour conséquence :
   - une mauvaise aération des matelas,
   - un ralentissement de la croissance végétative,
   - un mauvais enracinement,
   - une plus grande vulnérabilité aux maladies des racines;

2. **trop secs** – avec pour conséquence :
   - des poils absorbants endommagés,
   - une CÉ élevée,

FIGURE 4–4. Mesure du taux de lixiviation



- des problèmes d'absorption et de diffusion du calcium (pourriture apicale chez la tomate et le poivron, brûlure ou enroulement des jeunes feuilles de concombre),
- une croissance ardue, des plants plus grêles,
- des feuilles foncées, plus petites et épaisses.

Utiliser soit une minuterie, un plateau de démarrage ou l'intensité du rayonnement lumineux pour enclencher les cycles d'irrigation.

On peut évaluer la teneur en eau du matelas de laine de roche, sa CÉ et sa température au moyen d'appareils vendus dans le commerce. Ces appareils sont portatifs et peuvent prendre des mesures à partir de plusieurs matelas à n'importe quelle heure du jour ou de la nuit. Les modèles plus récents sont installés à demeure et assurent la transmission des données enregistrées à un ordinateur qui modifie en conséquence le calendrier d'irrigation.

Calendrier de fertilisation

En règle générale, à leur première utilisation, les matelas de laine de roche ont tendance à avoir un pH élevé. Il s'agit alors d'appliquer une solution nutritive ayant un pH de 5,0–5,5. Habituellement, le matelas de laine de roche reste un certain temps au pH souhaité de 5,8. Comme la laine de roche est un matériau inerte, il faut toujours appliquer une solution nutritive complète. Se reporter aux sections 6, 7, 8 ou 9 pour connaître les calendriers de fertilisation suggérés selon la culture.

Stérilisation des matelas

Bien que les matelas de laine de roche puissent servir à maintes reprises, s'assurer de les stériliser entre chaque culture. Peu de temps (24–36 heures) avant la fin d'une culture, diminuer l'arrosage et donner le temps aux plants d'assécher les matelas. Une fois les matelas asséchés et les plants enlevés, retirer la gaine de plastique et empiler les matelas sur des palettes (PLANCHE 3). Laisser suffisamment d'espace entre les matelas pour permettre à la vapeur de pénétrer. Ne pas empiler les matelas sur plus de 1 m de haut, sous peine d'endommager ceux qui se trouvent à la base. Couvrir la pile de matelas d'un plastique et laisser la vapeur pénétrer (PLANCHE 4). Chauffer à 90 °C pendant 30 minutes en prenant la température dans le milieu de la pile pour s'assurer que les matelas sont bien désinfectés. Pour que la vapeur pénètre bien dans les piles de matelas, il est conseillé de faire l'exercice la nuit. Les matelas sont prêts à servir à nouveau une fois refroidis, engainés, scellés et placés dans la serre.

Système de culture sur film nutritif

Le système de culture sur film nutritif consiste à faire circuler continuellement sur les racines un mince filet ou film de solution nutritive. Il s'agit d'un véritable système hydroponique, puisque les racines nues baignent dans une solution nutritive recyclée dans un système fermé. Cette technique permet de réaliser des économies d'engrais et d'eau et s'avère plus écologique.

Les éléments de base du système sont les suivants : le bassin collecteur et les réservoirs et pompes qui l'alimentent, les rigoles et le réseau de retour de la solution. La solution nutritive est pompée du bassin collecteur jusqu'à la tête des rigoles, s'écoule par gravité dans les rigoles jusqu'au tuyau de retour qui l'amène au bassin collecteur. Les rigoles ont une pente de 1–2 % pour faciliter l'écoulement de la solution nutritive.

Bassin collecteur

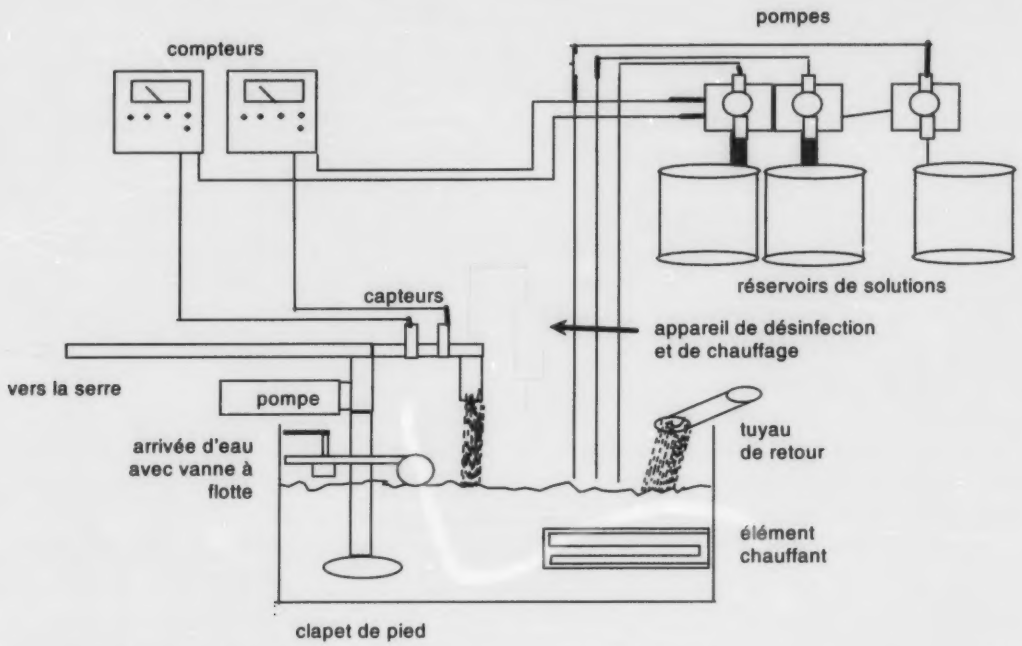
Dans un système de culture sur film nutritif, le bassin collecteur est placé sous terre pour que la solution nutritive y revienne par gravité (voir la figure 4-5, *Schéma d'un système de culture sur film nutritif*). Le bassin collecteur peut être fait :

- de blocs de béton,
- de béton coulé,
- de morceaux de béton cimentés,
- de réservoirs de plastique rigide enfouis dans le sol ou insérés dans des cavités en béton,
- d'une fosse aux parois en bois recouvertes d'une toile de piscine.

Protéger le béton de la solution nutritive en l'enduisant d'une peinture à base de caoutchouc, non phytotoxique.

Le bassin collecteur a habituellement une capacité de 5 500 L/0,5 ha (1 000 gal/acre), ce qui représente un volume d'eau dans le bassin de 4 000–4 500 L (750 gal). Dans un système de culture sur film nutritif traditionnel, la capacité est à peu près de 13 500–13 750 L ou 3 000 gal/0,5 ha de superficie. Il faut prévoir un moyen d'entreposer cette eau en cas de panne électrique ou de l'évacuer. Le bassin collecteur est muni

FIGURE 4–5. Schéma d'un système de culture sur film nutritif



d'une arrivée d'eau fraîche automatique, qui assure l'alimentation du bassin en eau fraîche aussitôt que l'eau du bassin s'abaisse sous un certain niveau.

Système de pompage

Le système de pompage doit pouvoir débiter un grand volume d'eau (au moins 2 L/goutteur) à basse pression, être fiable et équipé de turbines ou de composantes en acier inoxydable ou en plastique. Habituellement, les systèmes sont conçus pour répondre aux besoins d'une station de pompage de 5 HP/acre. Il faut aussi installer une pompe de secours de capacité équivalente, équipée d'un capteur qui en assure la mise en marche automatique.

Un système plus économique consiste à installer 3 pompes de 2 HP chacune, à les monter en parallèle et à les faire fonctionner ensemble. Si l'une des pompes tombe en panne, les deux autres parviennent à faire circuler suffisamment de solution pour minimiser les répercussions sur la culture pendant la réparation. Par mesure de précaution, il est bon de garder un moteur de secours prêt à prendre le relais en cas de défectuosité du moteur principal. Étant donné que toute panne d'électricité peut ruiner la culture, l'installation doit être équipée d'un groupe électrogène de secours capable de fournir suffisamment d'électricité pour faire fonctionner les pompes et autres appareils essentiels à l'exploitation (appareils de chauffage, ventilateurs, et ordinateurs, par exemple).

Il y a un avantage supplémentaire au fait d'utiliser 3 pompes de 2 HP chacune : la capacité de pompage supplémentaire permet d'augmenter le taux d'écoulement de la solution de 2 L/min/rigole, au besoin. De plus, la capacité supplémentaire peut être utilisée pour faire fonctionner les systèmes de chauffage et de pasteurisation, oxygéner la solution nutritive et amener la solution nutritive au système de surveillance en ligne. De plus, cette solution rend superflue l'installation d'une pompe supplémentaire pour ces opérations.

Régulateurs de pH et de CÉ

Le pH et la CÉ de la solution sont continuellement surveillés par des capteurs en ligne et sont ajustés automatiquement. Dès que la lecture s'écarte de la valeur de réglage fixée par l'exploitant, les régulateurs de pH et de CÉ déclenchent les pompes doseuses qui permettent l'injection, au besoin, de solutions-mères et d'acide (voir la figure 4-5). Les régulateurs sont dotés d'un interrupteur qui prévient le surdosage. Il s'agit là d'un dispositif de sécurité important, compte tenu qu'en quantité excessive, les solutions-mères et l'acide

peuvent endommager la culture. Par mesure de sécurité, il est bon d'installer un second jeu de régulateurs de pH et de CÉ pour vérifier les lectures des régulateurs principaux.

Un système informatisé d'injection d'engrais (p. ex. Harrow Fertigation Manager®) peut aussi être utilisé pour surveiller et ajuster la solution nutritive. Un tel système a l'avantage :

- de surveiller plusieurs bassins collecteurs à partir d'un seul appareil;
- de maintenir l'intégrité des solutions nutritives dans chaque système de culture sur film nutritif;
- d'assurer le maintien dans chaque système de différents calendriers de fertilisation (adaptés au stade de la culture, p. ex.).

Chauffage

La température optimale de la solution varie entre 18 et 21 °C. Habituellement, la température de la solution est fonction de celle de l'air. Une source de chauffage d'appoint est nécessaire pour maintenir constante la température de la solution, surtout quand il y a ajout d'eau fraîche. Des serpentins de réchauffage en acier inoxydable sont placés dans le bassin collecteur ou, dans la plupart des cas, dans un petit réservoir auxiliaire alimenté par la pompe principale. La solution nutritive décrit ainsi une boucle du bassin collecteur, vers le réservoir auxiliaire où elle est chauffée pour retomber ensuite dans le bassin collecteur.

Au fur et à mesure que la température de la solution nutritive augmente, la quantité d'oxygène dissous dans la solution nutritive diminue. Ce phénomène peut être problématique l'été, surtout au démarrage d'une culture d'automne. Comme au début, les jeunes plants n'apportent pas d'ombrage suffisant, le rayonnement solaire chauffe la solution nutritive. Des températures aussi élevées que 30 °C sont fréquentes. On utilise alors l'eau d'un puits pour refroidir la solution nutritive.

Pasteurisation de la solution nutritive

Une boucle de pasteurisation ajoutée au système de culture sur film nutritif permet à 25 % de la solution nutritive de passer devant des lampes ultraviolettes avant de retourner au bassin. La stérilisation complète est déconseillée car la stérilité amène la prolifération rapide de la flore microbienne. La pasteurisation partielle, tout en contribuant à garder la flore microbienne à un niveau moins élevé, assure un équilibre entre les populations de microorganismes utiles et nuisibles dans la solution.

On peut aussi désinfecter la solution nutritive par un traitement à l'ozone. Mais pour être efficace et ne pas nuire aux cultures, ce type de traitement requiert des systèmes spécialisés et adaptés. Au moment de mettre sous presse, cette méthode n'était utilisée par aucun exploitant en Ontario et ne saurait véritablement convenir qu'au producteur téméraire.

Quant à la filtration lente sur sable, bien que cette technique soit valable, elle ne convient pas au volume ni à la vitesse d'écoulement du système de culture sur film nutritif et n'est par conséquent pas utilisée actuellement.

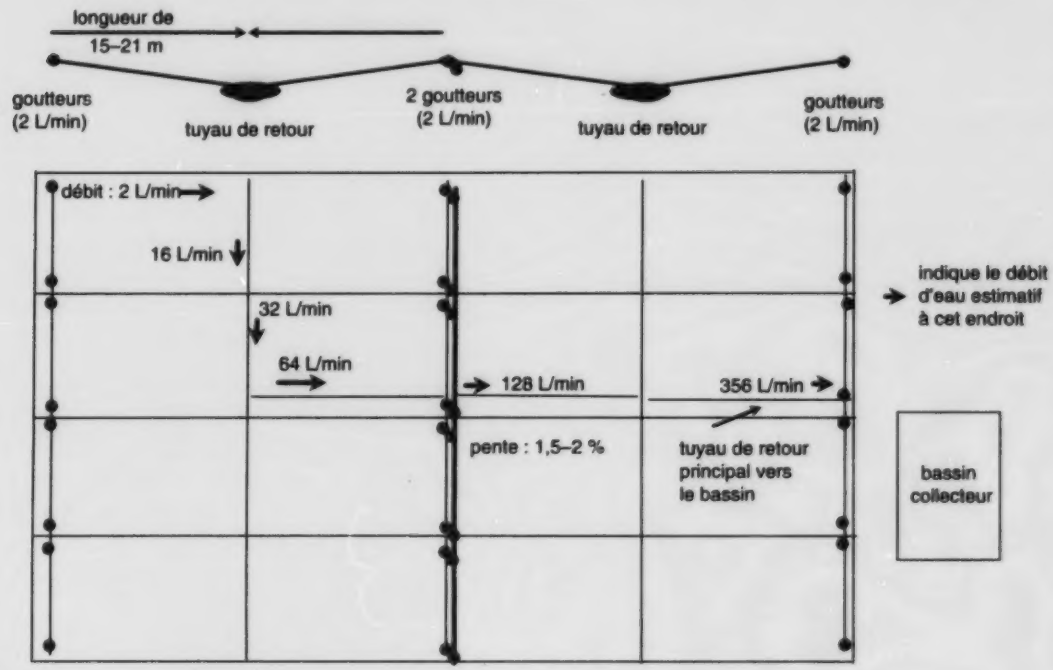
Aération

La solution nutritive a besoin d'être aérée. Une hauteur de chute suffisante entre le tuyau de retour et le niveau de solution dans le bassin collecteur assure une bonne agitation et favorise l'oxygénation de la solution. Une boucle d'aération avec venturi améliore aussi l'oxygénation en forçant l'entrée d'air dans la solution nutritive. L'injection d'oxygène dans la solution nutritive est une autre façon de maintenir des niveaux suffisants de O_2.

Réseau d'alimentation et de retour de la solution nutritive

Le réseau d'alimentation de la solution nutritive doit être conçu de manière à garantir l'uniformité d'alimentation des rigoles (2 L/min/rigole) (voir la figure 4-6, *Schéma du réseau d'alimentation et de retour de la solution nutritive*). Le tuyau d'alimentation principal de 75 mm (3 po) provenant de la station de pompage débite la solution nutritive à un tuyau secondaire de 37,5–50 mm (1 ½–2 po). Le tuyau secondaire débite la solution à un tuyau tertiaire de 19–25 mm (3/4–1 po) installé à chaque zone, à partir duquel un tuyau flexible de 4 mm (35–40 cm de long) débite au moins 2 L de solution nutritive/min/rigole. Une installation bien conçue nécessitera peu ou pas de correction entre les zones pour assurer l'uniformité d'alimentation. Toutes les composantes du réseau sont en PVC. On évite ainsi les risques de phytotoxicité

FIGURE 4–6. Schéma du réseau d'alimentation et de retour de la solution nutritive



associés à la corrosion découlant du contact de tuyaux galvanisés avec la solution nutritive.

Les dispositifs de prise d'eau des pompes se trouvent habituellement près du fond du bassin collecteur et sont pourvus d'un panier et d'un clapet antiretour unidirectionnel, ce qui évite d'avoir à amorcer les pompes quand le groupe électrogène rétablit le courant après une panne électrique.

Le tuyau de retour est enfoui dans le sol. Il s'agit d'un tuyau d'égout (bon marché, facile à installer et durable) de 10 cm (4 po). Des trous pratiqués dans le tuyau ou aux jonctions en « T » faites à chaque zone de retour de rigole permettent à la solution de s'écouler de la rigole dans le tuyau de retour. La solution s'écoule par gravité jusqu'au bassin collecteur. Une pente de 0,5 % suffit habituellement. Il doit y avoir une hauteur de chute suffisante entre le tuyau de retour et la surface de la solution nutritive pour que la solution de retour se mélange bien au contenu du bassin collecteur. L'agitation accrue aère la solution et l'aide à fournir aux racines la quantité d'oxygène dont elles ont besoin. Des déflecteurs placés à l'extrémité du tuyau de retour peuvent aussi augmenter l'agitation en éclaboussant la solution dans le bassin. Un filtre grossier (p. ex. un bas de nylon placé à l'ouverture) piège les racines ou autres débris qui pourraient obstruer les turbines de la pompe.

Rigoles

Il existe bien des types de rigoles. Elles vont des rigoles d'aluminium avec couvercles de plastique, aux rigoles de plastique rigide préformées munies de volets, en passant par les tubes de polyéthylène de 6 mil d'épaisseur, blancs d'un côté et noirs de l'autre. Dans tous les cas, les rigoles servent à fournir un canal qui permet à la solution nutritive de s'écouler et aux racines de pousser. L'installation de tubes de polyéthylène de 6 mil étendus sur des lisières de styromousse de 4 cm (2 po) d'épais sur 20 cm (10 po) de large demeure la solution la moins coûteuse. Un sillon large et peu profond courant le long de la lisière de styromousse amène la solution nutritive vers le milieu de la rigole. Ce détail est particulièrement important dans les premiers stades de croissance si l'on tient à ce que tous les plants reçoivent de la solution nutritive. Cependant, un canal trop profond amène une mauvaise aération, ce qui diminue son efficacité ainsi que le taux d'oxygène offert aux racines, et favorise les maladies et le dépérissement des racines.

Idéalement, la rigole devrait avoir une pente de 1,5–2 %, être longue de 15 m (50 pi) et large de 30 cm

(12 po) à la base. Les rigoles plus longues que 21 m (70 pi) obligent à modifier la conception du système.

Phytotoxicité

Toutes les composantes du système de culture sur film nutritif doivent être non phytotoxiques. Les composantes de métal (tuyaux galvanisés et de cuivre) sont à proscrire à cause de la corrosion du métal et la libération d'oligo-éléments, comme le zinc ou le cuivre, qui s'accumulent et atteignent des niveaux toxiques. Les composantes de plastique des conduites d'irrigation ainsi que les rigoles doivent être non phytotoxiques. Les composantes faites de certains plastiques flexibles sont très toxiques pour les plantes.

Culture sur sol

De moins en moins d'horticulteurs pratiquent la culture sur sol, quoique certaines serres de plus petite envergure situées dans des régions éloignées continuent de produire ainsi de bonnes récoltes de légumes de serre. L'irrigation goutte-à-goutte ou au moyen de tuyaux perforés est fréquemment utilisée dans les serres où se pratique la culture sur sol.

Type de sol

Pour atteindre une productivité maximale, il faut un sol bien aéré, bien drainé, riche en éléments nutritifs et en matière organique, et exempt de pathogènes. Les sols les plus susceptibles de convenir sont les loams, les loams sableux et certains loams limoneux. D'autres types de sols peuvent être employés, quoiqu'ils requièrent une gestion adaptée et obligent à engager des coûts accrus pour atteindre une productivité maximale. Par exemple, pour réussir la production hivernale hâtive dans une argile lourde, il faut installer des drains agricoles, enrichir le sol en matière organique avant la saison de culture pour permettre aux particules de sol de former des agrégats, et faire une bonne gestion de l'eau et des éléments nutritifs. Des sols sableux ayant une faible capacité de rétention d'eau requièrent des arrosages fréquents (avec fertilisation), ce qui augmente les risques de contamination de la nappe d'eau souterraine. On peut remédier à ce problème en installant un système qui récupère et recycle le lixiviat.

Drainage

L'idéal, pour la production de légumes de serre est de pouvoir compter sur un sol bien drainé. Un réseau de drains agricoles dans les planches au sol assure l'évacuation du lixiviat. On peut se faire aider au niveau de la conception du système de drainage en communiquant avec un fournisseur local de drains agricoles. Il est habituellement conseillé d'installer des drains de 10 cm de diamètre, de les enfouir à 35 cm de profondeur, de les espacer de 45–60 cm les uns des autres et de prévoir une pente de 10 cm sur 150 m.

Lessivage du sol

Avant la plantation, on doit humecter le sol pour qu'il donne son plein rendement. La quantité d'eau requise varie selon le type de sol et sa teneur en eau. En général, il faut 20–50 L d'eau/m^2. Le lessivage (100 L/m^2) peut être indiqué dans certains sols, surtout ceux qui ont été pasteurisés à la vapeur, afin d'abaisser les concentrations élevées d'ammonium et de manganèse qu'ils renferment.

Pasteurisation du sol

La plupart des sols renferment des pathogènes (bactéries et champignons) ainsi que des graines de mauvaises herbes et des insectes. On les élimine en pasteurisant le sol. Pour faciliter une pénétration uniforme et rapide de la vapeur ou du fumigant, le sol doit être bien meuble. Les grosses mottes et les résidus de culture mal décomposés (tiges et racines) peuvent nuire à la pénétration.

Sous des conditions idéales, la plupart des organismes (sauf les virus) que redoutent les producteurs sont détruits par une élévation de la température à 60 °C pendant 30 minutes (voir le tableau 4-1, *Rapport temps-température nécessaire pour détruire les organismes nuisibles*). Par contre, le surchauffage du sol (au-dessus de 82 °C) élimine aussi les organismes utiles et rend le sol stérile et donc plus vulnérable encore qu'auparavant aux infections.

Voici d'autres effets secondaires indésirables :

- libération d'ammoniac excessive;
- toxicité du manganèse;
- destruction de la matière organique;
- teneur totale en sels plus élevée.

TABLEAU 4–1. Rapport temps-température nécessaire pour détruire les organismes nuisibles

	Temps (min.)	Température (°C)
Mauvaises herbes (la plupart)	15	70–80
Insectes + acariens	20	60–71
Bactéries (la plupart)	10	60
Fusarium	30	57
Botrytis	15	55
Nématodes	15	55
Rhizoctonia	30	50
Sclerotinia	5	50
Pythium	40	46

On peut pasteuriser les sols des serres en injectant de la vapeur dans les drains agricoles (pourvu que le dessus du drain se trouve à 30–40 cm sous la surface du sol et que les drains soient écartés de 46–60 cm de centre à centre). Pour une pasteurisation plus efficace, il est bon de recouvrir la surface du sol d'une membrane de plastique qui emprisonne la vapeur dans le sol. Si l'état des drains agricoles empêche de recourir à cette méthode, on peut injecter la vapeur directement sous une bâche en plastique spécialement conçue pour cet usage. On enfouit les bords de la bâche jusqu'à 10–12 cm de profondeur afin que la vapeur, injectée à une pression de 41–48 kPa (6–7 psi), reste confinée. Il faut absolument surveiller la température du sol pour veiller à ce que celle-ci permette une bonne pasteurisation et qu'elle ne soit ni trop basse ni trop haute (toujours lessiver le sol après une pasteurisation à la vapeur).

On peut aussi employer des fumigants chimiques, bien que le choix soit restreint. Suivre le mode d'emploi indiqué sur l'étiquette pour connaître la dose, la durée du traitement et la période nécessaire à la ventilation afin que ces produits soit utilisés en toute sécurité et soient pleinement efficaces.

Matière organique

Une teneur élevée en matière organique donne un sol bien aéré qui possède une structure stable et une meilleure capacité de rétention d'eau. Une tourbe grossière dans une proportion allant jusqu'à 500 m^3/ha peut être épandue sur les nouveaux sols pour en améliorer les caractéristiques. Comme la tourbe est acide (pH de 4,0), elle abaisse le pH du sol. Utile dans les sols alcalins, la tourbe oblige, dans les sols acides, à corriger le pH par l'ajout de chaux (5 kg de calcaire/m^3 de tourbe).

Dans les serres, la matière organique se décompose assez rapidement. Aussi faut-il chaque année enrichir le sol de matière organique à raison de 100 m^3 de tourbe/hectare. On doit incorporer la tourbe et la chaux au sol avant les principales opérations de travail du sol. On peut incorporer du fumier composté pour enrichir le sol de matière organique, mais l'on s'expose alors à une contamination du sol par des mauvaises herbes et des herbicides qui peut entraîner de lourdes pertes.

Maîtrise du pH

Bien que les légumes de serre viennent relativement bien dans des sols correspondant à une fourchette assez étendue de pH (5,5–7,5), on vise généralement un pH de 6,0–6,5 dans les sols minéraux et de 5,0–5,5 dans les sols organiques. Pour augmenter le pH du sol, utiliser du calcaire calcitique broyé, à raison de 3 tonnes/ha pour chaque tranche d'augmentation du pH souhaitée de 0,5, cette dose étant valable dans la plupart des sols légers. On peut aussi utiliser du calcaire dolomitique, si la teneur du sol en magnésium est faible.

Si le pH du sol est élevé, on peut l'abaisser par un apport de matière organique. Il s'agit de compenser par un épandage annuel la matière organique qui s'est décomposée.

Pour accroître le pH du sol, on peut ajouter du soufre élémentaire (soufre en fleur) à raison de 50–100 kg/ha pour chaque tranche de diminution du pH souhaitée de 0,5–1,0. On peut aussi, plusieurs semaines avant les semis, amender le sol avec du soufre ordinaire qu'on incorpore dans les 15–30 premiers cm de sol. S'attendre à une réaction chimique lente si le sol est froid. La quantité de soufre varie d'un sol à l'autre selon la capacité tampon (capacité d'échange) et le pH initial du sol.

Le pH est particulièrement à surveiller dans la zone racinaire. Il est facile de rectifier le pH dans le voisinage immédiat des racines en irriguant la culture au goutte-à-goutte avec une solution nutritive complète au pH ramené à 5,5 grâce à de l'acide phosphorique et de l'acide nitrique. Une telle solution garde les conduites et les goutteurs propres, en plus d'abaisser le pH dans la zone racinaire et de stimuler du même coup la croissance.

Irrigation goutte-à-goutte

Ce système :

- permet de régler les apports d'eau et d'engrais;
- réduit le taux d'humidité dans la serre;
- permet d'utiliser un film de polyéthylène blanc comme paillis réfléchissant la lumière; et
- garde le produit propre.

Le système d'irrigation goutte-à-goutte est conçu pour acheminer la solution nutritive à chaque plant, à raison de 2 L/h, grâce à une série de tuyaux qui débouchent sur des goutteurs. Une solution nutritive renfermant tous les engrais nécessaires est appliquée 3–4 fois par jour pour répondre aux besoins de la plante en éléments nutritifs et en eau. Les ajustements apportés à la composition de l'engrais (type et quantité d'engrais) et le volume d'eau sont fonction du type de culture, du stade de croissance, de l'époque de l'année, du rayonnement lumineux, de la température dans la serre et de la capacité de rétention d'eau du sol. Il est utile, pour déterminer le début et la durée du cycle d'irrigation, d'évaluer tous les jours les conditions du milieu de culture en prélevant un échantillon à 10 cm de la plante et à 10–15 cm de profondeur. Les mesures du pH et de la CÉ de cet échantillon sont aussi utiles pour déterminer les concentrations d'éléments nutritifs dans le sol.

Mélanger l'échantillon de sol à de l'eau du robinet (1 partie de sol pour 2 parties d'eau) et mesurer le pH et la CÉ. Les valeurs recherchées se situent dans la fourchette de 5,5–6,5 pour le pH et de 0,9–1,2 mS/cm pour la CÉ. L'information que procurent ces tests maison rapides aide à déterminer la quantité d'engrais et d'eau dont les plants ont besoin.

Une analyse de sol faite en laboratoire à partir d'un échantillon représentatif du sol qu'on retrouve en plusieurs points de la serre facilite l'établissement du calendrier de fertilisation. Au démarrage de la culture, il est bon de faire analyser le sol chaque semaine. L'analyse peut par la suite être faite aux 2–3 semaines, sauf si des problèmes se présentent, auquel cas une fréquence plus grande s'impose.

5. Production des plants

Un bon départ à ce stade du cycle cultural est essentiel à l'obtention d'une culture uniforme qui donne un rendement élevé et un produit de bonne qualité. Un mauvais démarrage se traduit invariablement par un produit fini médiocre ou décevant, des coûts de main-d'œuvre accrus pour qu'on obtienne une bonne récolte, et des profits plus minces. Voici les trois points critiques à surveiller :

1. semence;
2. semis et germination;
3. culture des plants jusqu'au produit fini.

Semence

Utiliser de la semence de la plus haute qualité, afin de garantir un bon démattage. La plupart de la semence offerte aux producteurs de légumes de serre a été nettoyée, a habituellement subi un traitement et été soumise à des tests de germination ou de viabilité. Cette information figure normalement sur l'emballage ou est fournie par le grainetier. Des laboratoires de certification de la semence effectuent les tests de germination suivant des protocoles stricts et normalisés. « Germination » s'entend de la sortie de la radicule hors du tégument séminal. Le plus souvent, le taux de germination se situe dans la fourchette de 75–90 % pour les tomates, à 95 % pour les concombres, dans la fourchette de 85–95 % pour les poivrons et à 95 % pour la laitue. Le taux de germination peut varier considérablement selon les conditions de croissance sur les lieux de production de la semence. Il faut donc rajuster en conséquence la quantité de semence commandée.

Pour le serriculteur, le taux de levée est plus significatif encore que le taux de germination. Il s'agit du rapport du nombre de plantules ayant levé du substrat au nombre de graines semées. Cette valeur peut varier passablement et dépend de bien des facteurs :

- vigueur de la semence;
- profondeur de semis;
- humidité du substrat;
- aération du substrat;
- température du substrat.

L'écart entre le taux de germination et le taux de levée peut aller jusqu'à 10–20 %.

La vitesse de germination varie énormément, certaines graines germant très rapidement, tandis que d'autres mettent plus de temps à germer. On peut grouper les semences en trois catégories :

Catégorie I	Catégorie II	Catégorie III
graines levant 2–3 jours après le semis	graines levant 3–4 jours plus tard	graines levant plus tard encore; aux cotylédons tordus, aux pousses enfouies, etc.

Le pourcentage de semences dans chaque catégorie varie selon l'espèce, le cultivar et la qualité de la semence, et fluctue d'une année à l'autre. Par exemple, le taux de levée peut se répartir comme suit :

Catégorie I	Catégorie II	Catégorie III
73 %	10 %	10 %

Les 7 % restants représentent les graines qui n'ont pas levé.

Les graines appartenant aux catégories I et II sont en fait celles qui lèvent et les seules qu'on sème. Pour obtenir un nombre convenable de plants, il faut semer au moins 25 % plus de graines que nécessaire. Cette précaution permet d'avoir en réserve un certain nombre de plants de bonne qualité pour pallier à d'éventuelles pertes causées, entre autres, par la manutention. En général, voici les quantités à prévoir :

	N^bre de plants nécessaires	N^bre de graines commandées
Tomate	10 000	12 000–13 000
Concombre	6 500	7 500*
Poivron	10 000	12 000–13 000
Laitue	1 000	1 100–1 200

* Les semences de concombres offrent en général des taux de germination et de levée plus élevés.

Semis et germination

Les semis constituent une étape simple mais cruciale de la production des plants. L'idéal est de compter sur un milieu de croissance qui offre un bon drainage, une bonne capacité de rétention d'eau et une bonne aération, comme c'est le cas des micro-mottes de laine de roche ou de mousse Oasis. Ces micro-mottes viennent en différents formats, dans des plateaux de styromousse ou des caissettes de plastique qu'on prend soin de bien désinfecter si on les réutilise.

Déposer les graines sur la surface alvéolée ou dans le trou de la micro-motte et recouvrir d'une vermiculite de granulation moyenne. Une profondeur d'enfouissement constante est indispensable pour s'assurer de l'uniformité de la levée et de la croissance des plantules. La semence enfouie trop profondément dans le substrat peut mettre 2–3 jours de plus à lever et risque de donner une plantule qui manque de vigueur et est plus lente à produire de vraies feuilles. À l'opposé, quand on laisse la semence en surface, on l'expose à l'assèchement ou on compromet les chances de la radicule de bien s'ancrer, ce qui peut provoquer la verse du plant.

Avant les semis, laisser le temps au substrat de bien absorber soit de l'eau claire, soit une solution nutritive complète diluée (ayant une conductivité électrique [CÉ] de 1,0–1,5 mS/cm) à 20–25 °C. Une fois les graines semées, arroser délicatement le substrat de manière à humecter la vermiculite. Placer de préférence les caissettes ou plateaux dans une chambre de germination ou en alternance sur des tables avec une source de chaleur sous les caissettes ou la source de chaleur sous la table. Couvrir les caissettes qui ont été placées sur les tables d'une pellicule de polyéthylène clair de 2 mil pour prévenir l'assèchement (PLANCHE 5). Afin de garantir une levée uniforme et rapide, maintenir la température du substrat à la température idéale indiquée dans le tableau 5-1, *Températures de germination.*

Une fois que 60–75 % des graines ont levé, retirer les caissettes ou plateaux de la chambre de germination ou enlever la pellicule de polyéthylène. On procède normalement à cette opération 60–96 heures après les semis, selon la culture et le cultivar utilisé. Voir le tableau 5-2, *Temps de germination approximatif.* Si l'on procède à cette étape trop précocement, la levée des graines de catégories II et III sera retardée. Par contre, si l'on attend trop, les plantules déjà levées issues des graines de catégorie I risquent de s'étioler. Passé le point où une majorité de plants ont levé (plus de 80 %), abaisser graduellement la température de l'air à 19 °C pour les tomates (1 °C/jour en général), à 21 °C pour les concombres, et à 20 °C pour les poivrons. Régler les températures en fonction de l'intensité lumineuse (voir la rubrique *Lumière*, section 2, p. 23), afin d'obtenir le plant au moment souhaité. Un écart trop important entre les températures diurnes et nocturnes donne des plants étiolés.

TABLEAU 5–1. Températures de germination

Culture	Température*
Tomate	25 °C
Concombre	27 °C
Laitue	16–18 °C
Poivron	26 °C

* Température du milieu de croissance

TABLEAU 5–2. Temps de germination approximatif

Tomate	
Bonne germination	72 h
Germination médiocre	96 h
Poivron	72–96 h
Concombre	60 h
Laitue	72 h

Une fois que des feuilles vraies sont apparues, arroser les caissettes avec une solution nutritive complète, en commençant par une CÉ de 2,0 mS/cm et en haussant graduellement la CÉ jusqu'à environ 3,0 mS/cm avant le repiquage. Un arrosage trop abondant nuit à l'aération du substrat et par voie de conséquence à la croissance des racines. Une humidité excessive (surtout si elle est appliquée par brumisation) fait baisser la température dans la zone racinaire, ce qui retarde la croissance et augmente la variabilité. Si le substrat est trop sec, la croissance est plus lente, les feuilles sont moins grosses et la CÉ du substrat augmente. Les plants

plus faibles risquent de ne pas survivre ou, s'ils survivent, d'être plus vulnérables à la maladie.

Repiquer les plantules dans des blocs de laine de roche une fois qu'elles ont atteint la taille souhaitée. Un séjour trop long dans les caissettes (plus de 3 semaines dans le cas des tomates et des poivrons, et plus de 1 ½ semaine dans le cas des concombres) entraîne le surpeuplement, à son tour responsable de l'étiolement et de l'affaiblissement des plants.

L'enrichissement en CO_2 et le recours à l'éclairage au sodium à haute pression améliorent la croissance et favorisent l'enracinement.

- Enrichir l'atmosphère en CO_2 jusqu'à concurrence de 1000 ppm sous de bonnes conditions de lumière. Comme les jeunes plants sont extrêmement sensibles, il est essentiel d'utiliser une source de CO_2 qui soit propre, du CO_2 sous forme liquide, par exemple.

- Une source d'éclairage d'appoint de 20 watts/m^2 provenant de lampes au sodium à haute pression améliore la croissance des plantules. Adopter une photopériode de 18 heures pour la culture de la tomate, du poivron et de la laitue, et une photopériode de 24 heures pour celle du concombre.

Culture des plants

Les plantules sont prêtes à être repiquées lorsque les premières feuilles vraies sont entièrement déployées et/ou lorsque les plants se touchent.

Le repiquage se fait en moyenne à 14–21 jours pour les tomates; 10–14 jours pour les concombres; et 17–24 jours pour les poivrons.

Le moment varie selon :

- le cultivar;
- la vigueur du jeune plant;
- la lumière;
- la température;
- la nutrition; et
- l'humidité.

On cherche à obtenir un jeune plant court et robuste qui possède une tige épaisse, des feuilles vert foncé et un système racinaire bien développé qui remplit toute la micro-motte. On déloge les plantules des alvéoles à l'aide d'un éjecteur. Avant de déloger les micro-mottes, faire tremper les plateaux dans une solution nutritive, afin de permettre aux micro-mottes de glisser facilement hors des alvéoles. Manipuler les plantules avec soin. La tige peut être très cassante ou molle et facile à endommager. Tenir les plantules par les cotylédons.

Avant d'y repiquer les plantules, bien imbiber les blocs de laine de roche d'une solution nutritive complète (CÉ de 2,0 mS/cm; pH de 5,8) en procédant par trempage ou au moyen du système d'irrigation par aspersion. Il est important que les blocs soient mouillés complètement et uniformément, afin d'assurer le bon établissement des plantules. Des blocs secs empêchent les racines de se développer et de croître, ce qui augmente la variabilité d'un plant à l'autre.

Déposer les micro-mottes dans les trous pratiqués dans les blocs. Si les plantules sont trop hautes, plier la base de la tige dans le trou et enfoncer la micro-motte de manière à remplir le trou. Il s'agit là d'une pratique courante pour les tomates, peu utilisée par contre dans les autres cultures de serre. Les racines se développent le long de la tige à l'intérieur du trou et fournissent un ancrage au plant. Les cotylédons se trouvent alors plus près de la surface du bloc. Il en résulte un plant plus robuste.

Placer les plants repiqués dans des plateaux (6–8 blocs/caissette standard) et les répartir dans la serre de départ. Pour s'assurer d'un bon enracinement, placer les plateaux sur des tables dont le fond est chauffé (ou directement sur un plancher de béton chauffant) (PLANCHE 6). Les plants repiqués sont prêts à être transplantés directement dans le matelas de laine de roche ou dans les rigoles du système de culture sur film nutritif, dans la zone de production principale aux stades suivants :

- tomate — premières fleurs;
- concombre — 4–5 feuilles vraies;
- poivron — épanouissement des fleurs au niveau de la première ramification.

Au besoin, tuteurer les plants à l'aide de fines tiges de bambou de 20–30 cm de haut. Le tuteurage contribue à l'obtention de plants plus gros, donc plus faciles à manipuler, et permet d'attendre plus longtemps avant d'avoir à attacher les plants après la transplantation.

On peut aussi déplacer les nouveaux plants directement dans les serres de production. On place alors les blocs sur le matelas de laine de roche à côté des trous, avec les goutteurs dans le bloc. Utiliser le système d'irrigation pour arroser les blocs. Cette méthode réduit les coûts de main-d'œuvre, mais engendre des coûts de chauffage plus élevés du fait de la nécessité de chauffer toute la serre.

Après la transplantation, maintenir la température de la serre à 25 °C, jour et nuit, pendant 4–5 jours, puis abaisser graduellement la température (pour connaître les régimes de température propres à chaque culture, voir la section consacrée à la culture pertinente). Dans une serre de démarrage, un éclairage d'appoint fournissant 20 watts/m^2 et une concentration de CO_2 de 1000 ppm permettent d'augmenter la vitesse d'enracinement et de croissance des pousses, ce qui favorise une formation plus rapide des boutons à fleurs. Adopter une photopériode de 18 heures pour les poivrons et les tomates et de 24 heures pour les concombres. Comme il ne serait pas rentable de le faire, on ne recourt pas à l'éclairage d'appoint pour les plants qu'on place directement dans la serre de production principale. Mais l'enrichissement en CO_2 leur est profitable à raison de 1000 ppm les jours ensoleillés et de 400–500 ppm les jours gris.

Arroser les plants avec une solution nutritive complète en commençant par une faible CÉ (2 mS/cm) et en augmentant graduellement la CÉ de 0,250 mS/cm/jour, jusqu'à 3 mS/cm, soit l'équivalent de la CÉ des solutions réservées aux plantules levées. Les augmentations ultérieures de la CÉ des solutions sont déterminées par :

- la vitesse de croissance des plants;
- la lumière disponible;
- la température;
- l'humidité relative (HR); et
- l'humidité dans le bloc.

Arroser au moment opportun, de manière à ce que les feuilles ne restent pas mouillées pendant de longues périodes; éviter par conséquent d'effectuer les arrosages vers la fin de la journée. Utiliser un système d'arrosage par aspersion ou un système de sub-irrigation. Recourir à la méthode de pesée décrite ci-dessous pour savoir quand arroser.

Quand arroser

Peser plusieurs blocs contenant des plants au moment où ils sont saturés d'eau. Surveiller leur poids quotidiennement et commencer à arroser lorsque le poids moyen des blocs correspond à 50 % de leur poids lorsqu'ils sont saturés. Dans le cas d'un bloc de 10 x 10 x 7,5 cm, ce poids est d'environ 300–350 g. À chaque arrosage, s'assurer de bien saturer à nouveau les blocs.

Les plants placés directement dans la serre de production s'assèchent plus vite en raison de la faible humidité relative dans la serre (pertes d'eau par les surfaces du bloc et la transpiration). Il faut compenser par des arrosages plus fréquents. Il arrive qu'il faille arroser la nuit par temps froid si l'humidité dans la serre est faible.

6. Culture de la tomate

Les tomates comptent parmi les produits frais les plus cultivés dans les serres de l'Ontario. Depuis le début des années 1990, presque toutes les tomates produites sont du type Beefsteak, une tomate rouge de gros calibre. La taille optimale du fruit est de 200–250 g (28–34 unités/boîte de 6,8 kg [15 lb]). Du milieu des années 1970 jusque vers la fin des années 1980, la tomate rose était largement cultivée. Cette tomate était destinée à un marché particulier et offrait une résistance à la pourriture fusarienne du collet et des racines, une maladie qui affligeait l'industrie serricole ontarienne dans les années 1970. La demande des consommateurs, ainsi que le transfert de la résistance à la maladie aux cultivars de tomates rouges ont contribué à accélérer la substitution de la tomate rose, devenue rare sinon absente en Ontario, par la tomate Beefsteak.

L'évolution des préférences des consommateurs a amené une augmentation de la culture des tomates en grappes (tomates sur vigne). Il s'agit d'une tomate de calibre légèrement inférieur à celui de la tomate Beefsteak qu'on cueille et commercialise avec la grappe. Il y a aussi les tomates des types Roma, cerise, jaune et orange qu'on destine à des créneaux particuliers.

Dans les serres, il se fait habituellement deux cultures de tomates par année : l'une qu'on commence entre Noël et le Jour de l'an, qui donne une récolte printanière de la fin mars à juillet; la seconde qu'on commence en août, qui donne une récolte automnale s'étendant d'octobre à novembre ou décembre. On peut aussi faire une seule culture de tomates par année et en récolter les fruits pendant toute la saison. On sème alors à la mi-décembre et l'on récolte à partir du milieu ou de la fin du mois de mars jusqu'en septembre ou octobre. Ce système à une culture est plus courant dans la région de Leamington, tandis que le système à deux cultures prédomine dans le reste de la province.

Les exploitants déterminent les dates de départ et de fin de la culture en fonction à la fois de la demande des consommateurs et de la lumière disponible. La tendance à faire les semis tôt est de plus en plus marquée au fur et à mesure que la conception des serres et les systèmes de régulation du climat s'améliorent, d'autant plus que les prix offerts pour les récoltes hâtives restent élevés. Il est possible de produire des tomates commercialisables durant les mois d'hiver — novembre, décembre, janvier et février — en tirant parti de la lumière artificielle, mais pour que ce type de culture soit rentable, il faut avoir investi un capital important, compter sur des tarifs d'électricité avantageux et sur un marché offrant des prix intéressants.

Assurer un bon démarrage à la culture est essentiel à la réussite de la culture de la tomate. Des plants sains offrant une croissance équilibrée durant les mois d'hiver peuvent donner une excellente production de fruits de haute qualité. Une phase végétative trop marquée se caractérise par un feuillage trop abondant, une floraison retardée, une piètre fructification et des fruits de plus petit calibre, une récolte retardée et une plus grande vulnérabilité à la maladie. Une phase de fructification trop marquée se caractérise par une charge fruitière élevée, des feuilles plus petites, un point végétatif plus faible qui nuit à la fructification et la retarde jusqu'à ce que l'on réduise la charge fruitière, et un moins bon rendement dans l'ensemble.

Cultivars

Peu de cultivars de tomate se prêtent à la culture en serre en Ontario. La demande de tomates rouges de gros calibre et de haute qualité a pour effet de restreindre le choix. Voici certaines caractéristiques auxquelles s'attarder : rendement, calibre, habitude de croissance, résistance au fendillement, calice court, fermeté du fruit, saveur et habitude de croissance du plant. Plusieurs nouveaux cultivars sont offerts, mais ont encore besoin d'être améliorés sur le plan génétique ou réclament des pratiques culturales améliorées. Il existe des cultivars

tolérant le blanc qui pourraient gagner de l'importance au cours des années à venir.

Voir le site Web du MAAARO à l'adresse www.gov.on.ca/omafra/french/crops/hort/vegetable.html#tomatoes ou s'adresser à un grainetier pour plus de détails sur les cultivars de tomate.

Calendrier de culture

En Ontario, la culture de la tomate se fait suivant deux grands systèmes culturaux : système à deux cultures par année, l'une de printemps, l'autre d'automne; ou système à une seule culture étalée sur toute la saison.

Système	Semis	Trans-plantation	Récolte	Fin du cycle
Deux cultures/année				
printemps	mi-nov.	1re sem. de janv.	milieu–fin mars	mi-juillet
automne	fin juin	1re sem. d'août	sept.–oct.	fin nov.–mi-déc.
Une culture/année				
pleine saison	1re sem. de nov.	3e–4e sem. de déc.	milieu–fin mars	fin sept.–début oct.

Déterminer les dates de semis et de transplantation en fonction de la lumière disponible et des engagements commerciaux. Le calendrier de production pour une culture d'hiver sous lumière artificielle est le suivant :

Semis	Repiquage	Récolte	Fin du cycle
fin juin	1re–2e sem. d'août	sept.-oct.	1re sem. de juin

Semis

Déposer la semence de tomate directement dans les micro-mottes de laine de roche des plateaux de styromousse ou des plateaux de plastique multi-cellules. Les semis se font à la main dans les petites exploitations et au moyen de semoirs automatiques dans les exploitations de plus grande envergure. Avant le semis, faire tremper les micro-mottes dans de l'eau ou une solution nutritive complète ayant une conductivité électrique (CÉ) de 0,5 mS/cm. Couvrir les semences de vermiculite de granulation moyenne. Placer les plateaux dans des chambres de germination maintenues à 24–25 °C et à 100 % d'HR, ou sur des tables de germination chauffées par le dessous, et couvrir d'une pellicule de polyéthylène clair de 2 mil afin de maintenir la température et l'humidité.

La température de germination optimale pour les tomates est de 24–25 °C. La levée se fait entre 2 ½ et 3 jours plus tard. Une fois 60–70 % des plants levés, retirer les plateaux de la chambre de germination ou les débarrasser de la pellicule de plastique. Maintenir la température à 24 °C pendant 1–2 journées de plus, puis abaisser graduellement la température à 20 °C, le jour comme la nuit, pendant 2 jours. Une fois que les cotylédons sont entièrement déployés, fertiliser les plantules avec une solution nutritive complète ayant une CÉ de 1,0 mS/cm, en augmentant graduellement la CÉ au fur et à mesure que les plants se développent.

Les plantules bénéficient d'un éclairage d'appoint (photopériode de 18 h à une intensité de 20 watts/m^2) et d'un enrichissement en CO_2 à une concentration de 800–1000 ppm.

Utiliser une source pure de CO_2 étant donné que les plantules sont extrêmement sensibles aux sous-produits d'une mauvaise combustion des combustibles au carbone.

Commencer le repiquage 18–21 jours après les semis ou lorsque les feuilles se touchent.

Production des plants

Repiquer les plantules dans des blocs de laine de roche de 7,5–10 cm préformés de manière à accueillir les micro-mottes. Faire d'abord tremper les blocs dans une solution nutritive complète ayant un pH de 5,5 et une CÉ de 1,5–2,0 mS/cm. À chaque arrosage subséquent, augmenter graduellement la CÉ jusqu'à 3,0–3,5 mS/cm. Régler la CÉ en fonction de la lumière disponible, du taux de croissance, de la vigueur des plants, de l'humidité disponible et du régime de température adopté.

Placer les plantules dans les alvéoles des blocs de laine de roche, soit tout droites, soit pliées avec la tige abaissée de 90 ou 180°. En couchant ainsi la plantule, on

positionne les cotylédons et le point végétatif plus près de la surface du bloc de laine de roche, ce qui permet aux racines de se propager le long de la tige enfouie et d'offrir une plus grande stabilité à la plante.

Si l'on place les plantules à la verticale dans le trou, on doit les tuteurer à l'aide d'une tige de bambou fine, enfoncée près de la plantule. Utiliser des élastiques ou des anneaux de métal pour attacher le plant au tuteur. Couvrir le trou d'une couche de vermiculite de granulation moyenne pour plus de stabilité.

On peut laisser les plants tuteurés grossir davantage puisqu'ils sont soutenus. On repousse ainsi à plus tard la nécessité d'attacher les plants aux fils de fer en hauteur. Les plants risquent par ailleurs moins d'être endommagés au moment de la transplantation.

Maintenir la température dans la serre à 23–25 °C pendant 1–2 jours après le repiquage pour hâter l'enracinement. Par la suite, abaisser graduellement la température à 19 °C (jour et nuit) à raison de 1 °C/jour. L'éclairage d'appoint (photopériode de 18 h à une intensité de 20 watts/m^2) et l'enrichissement en CO_2 à raison de 800–1000 ppm profitent à la culture en produisant des plants mieux enracinés qui sont compacts, ont une tige plus résistante et une floraison plus hâtive.

La transplantation dans la serre de production s'effectue normalement quand la première inflorescence est bien formée et/ou que la première fleur commence à ouvrir, soit environ 6–7 semaines après les semis. Dans les premiers stades de croissance du plant de tomate, le plant a tendance à avoir une forte croissance végétative. Il est important de fournir au plant des conditions culturales adéquates pour stimuler dès le début la phase de fructification (production de fleurs), afin d'obtenir une production hâtive et de bonne qualité. En réglant la température, l'humidité relative (HR), l'eau et la fertilisation en fonction de la lumière disponible, on parvient facilement à maîtriser la croissance de la culture (PLANCHES 7 et 8).

Une première inflorescence bien formée diminue les risques de voir la plante poursuivre une croissance végétative excessive après la transplantation dans la serre de production. Si la transplantation se fait trop tôt ou si la croissance du plant n'est pas maîtrisée, le plant reste en phase végétative. Il en découle une floraison ainsi qu'une première récolte retardée, une tendance à produire des fruits de plus petit calibre et difformes, et une plus grande vulnérabilité à la maladie. À l'opposé, un plant qui affiche une phase de fructification trop accentuée se caractérise par une abondance de fleurs, un point végétatif faible, une croissance plus lente et une récolte plus tardive. L'objectif à ce stade est d'obtenir un équilibre entre la phase végétative et la phase de fructification.

Espacement des plants

En général, l'espacement idéal est de 0,37–0,41 m^2 (4,0–4,9 pi^2/plant) ou de 2,4–2,7 plants/m^2. Disposer les plants en rangées doubles en laissant un espace de 0,6–0,8 m entre chaque rang et 0,9–1,2 m pour l'allée. Espacer les plants sur la rangée en fonction de la densité de peuplement recherchée. Dans la culture sur laine de roche, utiliser 2 plants/matelas de 90 cm en espaçant les sacs sur le rang.

Lorsque le rayonnement augmente, plus tard dans la saison, on peut augmenter la densité de peuplement à 2,9 tiges/m^2 en laissant une tige latérale se développer et devenir une tige productrice, tous les 5 plants. Toutefois, il faut être prudent, car cette pratique a tendance à modifier l'interaction plante-volume de laine de roche-eau, ce qui donne des fruits de plus petit calibre et une vulnérabilité accrue à la maladie, surtout là où l'apport de lumière est déficient. Le développement et le palissage d'une tige latérale comme tige supplémentaire pour accroître la densité des tiges se font normalement en mars et donnent un maximum de résultats dans un système en « V ».

Taille et palissage

Les tomates de serre sont conduites sur une seule tige. On supprime toutes les pousses latérales ou gourmands au moins une fois par semaine. On attache les plants à l'aide de ficelle de polypropylène. Avec une extrémité de la ficelle, on forme une bouche lâche autour de la base du plant et on attache l'autre extrémité au fil de métal suspendu à 1,8 à 2,5 m au-dessus du rang.

Dans les serres de nouvelle conception, pourvues d'un réseau de rails sur les tuyaux à eau chaude et de chariots élévateurs à ciseaux, les fils de métal sont suspendus à 3,0–3,5 m de hauteur. La façon d'attacher la ficelle à la

base du plant est importante, car un nœud trop serré risquerait d'étouffer le plant, et un nœud trop lâche, de faire tomber le plant et de casser la tige.

Dans certains cas, on peut coincer la ficelle entre le fond du bloc transplanté et le dessus du matelas de laine de roche, de telle sorte que le poids de la plante garde la ficelle en place. Former une boucle lâche autour du plant tel qu'il est indiqué plus haut. Toutefois, des problèmes peuvent survenir, si la ficelle boit la solution fertilisante et la fait remonter le long des tissus de la plante comme le ferait une mèche. Le plant risque alors d'être endommagé là où la tige et la ficelle entrent en contact, ce qui risque d'entraîner une perte de production. Ce sont là des points d'entrée potentiels de maladies, causées par *Botrytis* notamment.

Au fur et à mesure que la plante grandit, enrouler la tige deux fois autour de la ficelle, de manière assez lâche à la hauteur de chaque grappe de fruits. Une fois les plants plus gros et plus lourds (habituellement autour de la 4^{e} ou de la 5^{e} grappe), utiliser des pinces de serrage en plastique pour attacher les plants aux ficelles. Pour les cultures de printemps, draper 2,0–2,5 m de plus de ficelle sur le fil de fer suspendu. Lorsque la plante atteint le fil de fer, détacher la ficelle et l'abaisser périodiquement, jusqu'à permettre à la partie la plus basse de la plante de reposer sur le sol ou sur des supports de métal. On peut aussi se procurer sur le marché des crochets en hauteur auxquels est enroulée une provision de ficelle pour la saison. Ces crochets sont couramment utilisés dans les serres où on laisse les tomates monter très haut. Ils facilitent l'abaissement des plants dont on abaisse la tige périodiquement.

On enlève les feuilles basses des plants de tomate pour :

- améliorer la circulation d'air à la base;
- maintenir un environnement idéal à la base après abaissement des plants;
- permettre aux travailleurs de repérer facilement les fruits au moment de la récolte.

On enlève habituellement seulement 1–2 feuilles à la fois, puisqu'en enlever trop d'un coup modifie le rapport feuilles-fruits et nuit au rendement. En général, il est recommandé de maintenir en tout temps une tige portant des feuilles d'une longueur maximale de 1,2 m (20–22 feuilles). Dans certains cas, seulement 12–15 feuilles sont recommandées pour maintenir la qualité du fruit.

Pincer ou couper le point végétatif environ 6–8 semaines avant la fin prévue de la récolte. On transfère ainsi les sucres et l'énergie normalement utilisées pour produire de nouvelles fleurs et de nouvelles feuilles vers d'autres composantes du plant, notamment le fruit, ce qui en hâte le grossissement et le mûrissement.

Taille des grappes

Comme la fructification se fait facilement chez la plupart des cultivars de tomate modernes, il se peut que toutes les fleurs sur une même grappe donnent un fruit. Il peut s'écouler 4–10 jours entre la fructification de la première fleur et celle de la dernière, ce qui donne des fruits de calibre variable à la récolte. Pour s'assurer d'un calibre homogène et d'une récolte hâtive, tailler chaque grappe à 4 fruits. Tailler une grappe après la fructification des 4 premières fleurs et pincer le reste des fleurs de la grappe. Sous des bonnes conditions d'éclairage, un cultivar vigoureux ou une culture d'automne peut obliger à laisser 5 fruits/grappe jusqu'à la 3^{e} grappe, puis 4 fruits/grappe. Ajuster le nombre de fruits/grappe et le nombre de grappes à 5 fruits/grappe selon la lumière disponible et la vigueur du plant. Cette décision mérite une bonne réflexion, car une surcharge de fruits sur les grappes inférieures risque de compromettre sévèrement le rendement à venir. Des supports peuvent être nécessaires pour empêcher les grappes de retomber (PLANCHES 9 et 10).

Pollinisation

La pollinisation est nécessaire à une fructification normale. Le pollen provenant des anthères doit atteindre les ovaires à la base de la fleur pour que la fertilisation et la fructification se produisent. Le nombre de graines qui se développent (nombre de grains de pollen atteignant les ovaires) détermine le calibre des fruits, leur qualité et leur forme. Les fleurs de tomate sont autogames, mais pour s'assurer de tomates de calibre homogène et de haute qualité, on se sert de vibrateurs électriques pour accroître la pollinisation (PLANCHE 11).

Pour mener à bien la pollinisation, il faut :

- une production de pollen viable;
- le transport du pollen des anthères vers le stigmate;

- la germination des grains de pollen sur le stigmate; et
- la croissance des tubes polliniques le long du stigmate, ce qui provoquera la fertilisation (fructification).

Des conditions défavorables de température, de lumière et de nutrition peuvent faire en sorte qu'un de ces processus avorte en partie ou totalement, entraînant une mauvaise fructification et une production de fruits de moindre qualité. La température diurne ne doit pas descendre sous 18 °C ni dépasser 30 °C une fois la floraison commencée.

Bourdons

Les bourdons sont couramment utilisés de nos jours pour polliniser les cultures de tomates destinées à produire des fruits de haute qualité. Introduire des ruches de bourdons (2–3 ruches/ha) dans une serre de tomates une fois que la première inflorescence est entièrement ouverte. En butinant les fleurs pour en extraire le pollen, les ouvrières font tomber de nombreux grains de pollen des étamines vers le stigmate, ce qui amorce la pollinisation. Les bourdons butinent les fleurs lorsque le pollen est disponible (du milieu de la matinée au début de l'après-midi). Ils visitent la même fleur plusieurs fois pendant la floraison.

Au fur et à mesure que la plante grossit et que de nouvelles fleurs s'épanouissent, ajouter des ruches supplémentaires (4–5 ruches/ha selon les recommandations du fournisseur de bourdons). Quand la ruche vieillit, la population d'ouvrières diminue, ce qui modifie l'ordre social de la ruche et rend cette dernière inefficace. Les ruches perdent leur efficacité de pollinisation après 6–8 semaines. Il faut alors remplacer les ruches ou en augmenter le nombre pour assurer une bonne pollinisation. On doit répéter cette opération pendant toute la saison de croissance.

Une marque ou une teinte brune dans le calice indique qu'un bourdon a visité la fleur. La surveillance de ces marques détermine si les bourdons sont efficaces (PLANCHE 12).

Placer les ruches dans un endroit pratique sur une étagère ou un support robuste, à 1,0–1,5 m de hauteur dans une zone ombragée ou les protéger du soleil pour empêcher leur échauffement excessif les mois d'été. Installer les ruches loin des vibrations ou des courants d'air afin d'assurer leur pleine efficacité. Les ruches placées dans un endroit frais mettent plus de temps à donner des ouvrières efficaces pour polliniser la culture.

Les ruches modernes sont conçues pour fournir une source de glucides aux bourdons, ce qui exige peu d'entretien, sinon pas du tout, de la part de l'exploitant. Les ruches sont aussi pourvues d'une ouverture à sens unique qui, lorsqu'elle est activée, permet aux bourdons d'entrer dans la ruche, mais pas d'en sortir. Ce dispositif est nécessaire pour capturer tous les bourdons lorsqu'il faut retirer les ruches, avant une pulvérisation de produits chimiques, par exemple. Les bourdons sont sensibles à différents produits chimiques. Une fois que des produits chimiques sont introduits dans les ruches, ou dans le couvain, ils en provoquent la détérioration, ce qui nuit à la pollinisation. Ainsi, est-il essentiel de se doter d'un bon programme de lutte biologique contre les ravageurs si l'on veut tirer pleinement parti de la pollinisation par les bourdons.

Même si les bourdons s'échappent des serres par les orifices de ventilation, ils y reviennent habituellement. Toutefois, s'il fait froid à l'extérieur, ou si les orifices se referment avant que les bourdons ne soient rentrés, les bourdons meurent, surtout en février et en mars. Cette situation peut devenir problématique dans les serres revêtues d'un double film de polyéthylène avec ventilation naturelle à la gouttière, où la qualité de la lumière par les orifices de ventilation semble différente de celle qui filtre à travers la double pellicule de polyéthylène et contribue à attirer les bourdons à l'extérieur. Sous des températures fraîches, les bourdons meurent, ce qui entraîne une réduction de la colonie et par le fait même de l'activité pollinisatrice. On peut corriger la situation :

- en optant pour un revêtement de polyéthylène qui présente une différence moins grande au niveau de la transmission de la lumière;
- en diminuant la surface des orifices de ventilation par l'installation aux extrémités de la serre de ventilateurs destinés à faciliter la ventilation à l'entrée;
- en installant des moustiquaires sur les ouvertures à la gouttière pour empêcher les bourdons de s'échapper.

Dans les petites serres productrices de tomates, il se peut que la pollinisation par les bourdons ne soit pas efficace. Une ruche de taille moyenne peut compter jusqu'à

300 bourdons adultes. Lorsque la demande de pollen est très forte, un nombre excessif de visites à chaque fleur risque d'endommager les fleurs et, dans certains cas, d'en causer l'avortement. On doit alors recourir à la pollinisation manuelle à l'aide de vibrateurs électriques.

À la fin de l'automne, l'hiver et au début du printemps, les fleurs de la plupart des cultivars prennent une forme légèrement différente qui rend plus difficile la pollinisation naturelle. Cette situation est causée par la faible intensité lumineuse et les températures fraîches, et parfois aussi par un surcroît d'azote. Le moment optimal pour la pollinisation se situe entre 11 h et 15 h, lorsque les fleurs sont sèches et que le pollen est libéré. Les autres méthodes, comme de tapoter les fils métalliques suspendus ou le fil qui supporte le plant, et d'arroser à gros jet donnent généralement peu de résultats. On peut aussi polliniser les fleurs à l'aide d'appareils de soufflerie à dos qui rappellent les souffleuses à feuilles. Les problèmes au niveau de la qualité des fruits liés à une mauvaise pollinisation sont invariablement le résultat d'une répartition inégale et insuffisante des graines qui donne un fruit creux et difforme.

Climat

La température de l'air a une influence marquée sur la croissance et le développement des fleurs, la fructification, le développement du fruit, son mûrissement et sa qualité. La température moyenne sur 24 heures influence le taux de croissance. Plus la moyenne sur 24 heures est élevée, plus le taux de croissance sera grand. La culture de tomates atteint une croissance optimale quand la température est à 25 °C le jour comme la nuit, mais elle produit un maximum de fruits à 18 °C la nuit et à 20 °C le jour, soit à une moyenne sur 24 heures de 19 °C. L'écart de température entre le jour et la nuit détermine la morphologie de la plante (c.-à-d. sa forme) et l'importance relative de la phase végétative et de la phase de fructification.

Régler les températures en fonction de la lumière disponible, afin de maintenir un taux de croissance élevé et d'obtenir des fruits de fort calibre et d'excellente qualité. Sous une faible intensité lumineuse (en début d'hiver ou les jours nuageux), maintenir une température moyenne sur 24 heures plus basse et augmenter la température lorsque les niveaux de lumière augmentent. Régler l'écart dans les températures diurnes et nocturnes de façon à maintenir la vigueur des plants et à obtenir des fruits de bon calibre. Un écart important dans les températures diurnes et nocturnes accentue la phase de fructification (davantage de fleurs, couvert moins dense et fruits de plus gros calibre), tandis qu'un écart qui est faible ou même inexistant stimule davantage la phase végétative (moins de fleurs, couvert plus dense).

TABLEAU 6–1. Températures de l'air recommandées (en °C) pour les tomates

	Lumière faible	Lumière forte	Avec CO_2
minimum la nuit	17	18	18
minimum le jour	19	21	21
ventilation	21	24	26

Remarque 1 : Durant les journées très ensoleillées, des températures supérieures à 26 °C ne nuiront pas aux plantes, mais au-dessus de 29 °C, les fleurs de la plupart des cultivars seront endommagées.
Remarque 2 : La température minimale recommandée pour le sol est de 16 °C (l'idéal étant qu'elle se situe dans la fourchette de 18–21 °C).

La lumière est également un élément crucial de la culture de la tomate pendant les mois d'hiver. Sous des conditions de faible lumière, en hiver, les plants ont tendance à former de longs entre-nœuds, moins de boutons floraux et des fleurs qui ne produisent pas de fruits. On peut remédier à ce problème en ralentissant la croissance par une combinaison des méthodes qui suivent :

- abaissement de la température moyenne sur 24 heures;
- diminution du volume d'arrosage;
- élévation de la CÉ de la solution nutritive et du substrat; et
- abaissement de l'HR (déficit de tension de vapeur [DTV] plus élevé).

Le lait de chaux appliqué sur le revêtement extérieur de la serre réduit à la fois l'intensité lumineuse et la température à l'intérieur de la serre durant l'été. On obtient ainsi une partie aérienne plus forte, une amélioration de la qualité des fleurs et des fruits, ainsi qu'une diminution des problèmes de qualité fruitière liés à des températures élevées à la surface des fruits.

La culture des tomates peut tolérer de grands écarts d'HR dans la mesure où il ne se produit pas de

changements radicaux en peu de temps. Si l'HR est faible (DTV élevé), l'approvisionnement en eau est très important; si l'HR est élevée (DTV faible), l'incidence de la maladie risque d'augmenter. Une HR élevée (DTV faible), le jour, peut améliorer la fructification. Une HR trop faible (DTV élevé) nuit à la pollinisation et à la fructification. Idéalement, l'HR doit se situer dans la fourchette de 75–85 %, soit un DTV de 0,4–0,8 kPa.

Pour influencer la vigueur ou l'aspect des plants, il suffit de modifier l'HR ou le DTV. Ainsi, sous des conditions d'HR faible ou de DTV élevé, le plant a tendance à avoir une tête et un feuillage plus clairsemés. Sous des conditions d'HR élevée ou de faible DTV, le plant a tendance à avoir une tête et un feuillage plus dense, des fleurs avec des grappes développées ou des tiges qui sont plus sujettes à ployer, ce qui donne une moins bonne qualité de fruit (calibre et forme).

Durant l'hiver (en l'absence de ventilation), l'enrichissement carboné est profitable à la culture de la tomate à tous les stades de croissance. Les jours ensoleillés, ajouter au moins 1000 ppm de CO_2, et 400 ppm de CO_2 lorsque les orifices de ventilation sont ouverts de plus de 10 %. Si l'intensité lumineuse est faible (40 watts/m^2), la concentration idéale est de 400 ppm. L'été (en présence de ventilation), l'enrichissement en CO_2 est rentable et très pratiqué à une concentration allant jusqu'à 400 ppm (surtout en début de journée et en fin de soirée, avant le coucher du soleil).

Les ventilateurs assurant un mouvement horizontal de l'air contribuent à minimiser les gradients de température dans la serre et favorisent une distribution plus uniforme du CO_2 à travers le couvert végétal. Une vitesse relative de 1 m/seconde est recommandée. On doit éteindre ces ventilateurs durant le cycle de déshumidification afin de déshumidifier efficacement la serre. Les courants normaux engendrés par le système de chauffage sont perturbés par le mouvement horizontal de l'air, ce qui empêche l'air humide et chaud de s'échapper facilement par les orifices de ventilation. Le tableau 6-2, p. 57, présente un sommaire des recommandations culturales applicables à la tomate.

Besoins nutritifs

Un environnement optimal et l'apport d'eau et d'éléments nutritifs au bon moment peuvent seuls permettre d'obtenir une production prolongée de fruits. Une plante bien équilibrée est caractérisée par sa tige robuste, ses feuilles vert foncé et ses grappes de grosses fleurs rapprochées qui fructifient facilement. Une plante bien nourrie devrait avoir une tige de 1 cm d'épaisseur mesurée à 15 cm à partir du sommet. Des tiges plus épaisses sont l'indice d'une croissance végétative excessive et sont généralement associées à une mauvaise fructification et à une faible productivité. Des tiges plus minces sont habituellement l'indice d'un manque de glucides, et sont ordinairement associées à une croissance lente et, éventuellement, à un faible rendement.

Une culture de tomates à maturité utilise 2–3 L d'eau par plant par jour lorsque l'intensité lumineuse est élevée (journée estivale moyenne). On doit appliquer en permanence une solution nutritive complète pour soutenir la croissance et le développement des fruits, nécessaires à l'obtention d'une bonne production de tomates de haute qualité. On ajuste le calendrier de fertilisation qu'on trouve au tableau 6-3, p. 58, en fonction du stade de la culture.

Les plants de tomate affichent des taux d'absorption des éléments nutritifs (surtout de l'azote et du potassium) qui varient selon le stade de croissance. Le taux d'absorption de l'azote par les plants de tomate pendant la production des 2–3 premières inflorescences est à peu près le même que celui du potassium. Cependant, le taux d'absorption du potassium augmente au fur et à mesure que la charge fruitière augmente, jusqu'à se traduire par un rapport de 2 à 1 pour l'absorption du potassium à l'azote. Une quantité excessive d'azote sous une faible intensité lumineuse au début du cycle de production stimule à outrance la croissance végétative. On obtient alors un plant plus vulnérable à la maladie, dont la floraison, la fructification et le calibre des fruits laissent à désirer. Un faible apport d'azote à ce stade contribue à maîtriser la croissance. (Nota : D'autres facteurs peuvent aussi influencer fortement la croissance des plantes et doivent également être pris en considération).

Le volume et le moment des applications de solution nutritive par fertigation revêtent une importance

capitale dans la culture sur laine de roche et influencent énormément la qualité du fruit. En commençant la fertigation 1–2 heures après le lever du soleil et en la terminant 1–2 heures avant le coucher du soleil, on contribue à réduire l'incidence des maladies et du trouble physiologique qu'est le fendillement, qui se manifeste l'été. Il est parfois nécessaire d'arroser en soirée durant les mois d'hiver lorsque les systèmes de chauffage sont entièrement opérationnels et que l'HR dans la serre est faible, ou durant l'été, lorsque l'intensité lumineuse et les températures à l'intérieur de la serre durant le jour sont élevées.

Les applications de fertilisant sont très importantes et influencent considérablement la croissance et le développement de la culture, et par la suite, la quantité et la qualité des fruits produits. Voici quelles sont les quantités estimatives moyennes d'éléments nutritifs absorbés par une culture de tomate :

azote	370 kg/ha
phosphore	50 kg/ha
potassium	680 kg/ha
magnésium	290 kg/ha
calcium	45 kg/ha

La technique la plus courante et la plus efficace pour maîtriser la croissance de la culture consiste à régler l'apport d'eau et d'azote. Une irrigation légère et peu fréquente, une HR peu élevée et une CÉ élevée dans l'eau d'irrigation donnent des plants coriaces à croissance lente. La meilleure méthode pour réduire la croissance consiste à ajuster la CÉ : cette méthode est simple, efficace et fiable. On peut aussi régler l'apport d'azote (N) directement en modifiant la fertilisation azotée ou indirectement en jouant sur l'apport d'autres éléments nutritifs, comme le potassium (K). Un rapport K-N élevé dans la solution nutritive est une technique couramment utilisée pour ralentir la croissance.

Azote (N)

Cet élément nutritif est celui qui influence le plus la croissance végétative. Des taux élevés d'azote entraînent une croissance végétative vigoureuse au détriment de la production de fruits. Cependant, dans des conditions chaudes et ensoleillées, il faut augmenter le niveau d'azote pour permettre à la plante de continuer sa croissance et pour maximiser son potentiel de production de fruits.

Un excès d'azote est caractérisé par des tiges fortes et épaisses, des feuilles enroulées dans le haut du plant, de grosses inflorescences, de grosses fleurs et une mauvaise fructification. Les symptômes d'une carence en azote sont les suivants : plants coriaces ayant une tête mince, un feuillage vert clair et des fleurs jaune pâle.

Potassium (K)

Le potassium a une grande influence sur la qualité des fruits et, à des taux élevés, il peut aussi être efficace pour endurcir le plant. Le niveau de potassium est particulièrement critique au moment de la plantation pour maîtriser la croissance ultérieure et prévenir les problèmes de mûrissement. Le rapport entre le potassium et l'azote est lui aussi important dans la maîtrise de la croissance : plus ce rapport est élevé, plus lente est la croissance. Des problèmes au niveau de la qualité des fruits tels que la maturation inégale, les tomates à « dos vert » (jusqu'à un certain point) et une malformation des fruits sont associés à de faibles teneurs en potassium.

Phosphore (P)

Le phosphore est utilisé en bien moins grandes quantités que le N et le K. Au début, le phosphore est important pour amorcer la croissance des racines. Les apports de P sont fortement conditionnés par la température et le pH du substrat. Des températures basses freinent l'assimilation du P et un pH élevé empêche le P d'être facilement assimilé. Le P influence aussi fortement la croissance végétative et la fructification. Les symptômes de carence comprennent une coloration pourpre caractéristique des nervures des feuilles et de la tige, une croissance frêle et un mauvais développement des grappes. Le phosphore est très rarement toxique.

Magnésium (Mg)

Bien que les carences en magnésium soient très fréquentes, elles entraînent rarement une baisse de rendement (quoiqu'elles puissent nuire à la qualité des fruits). La carence en magnésium s'observe seulement au niveau de la plante (et non dans le sol). Elle est liée à un apport trop important en K ou à un mauvais développement des racines, ce qui empêche dans les deux cas la plante d'assimiler suffisamment de magnésium. Elle doit donc déplacer du magnésium des vieilles feuilles vers les nouvelles. La carence en magnésium (vieilles feuilles chlorotiques) peut être facilement corrigée par des arrosages avec du sel d'Epsom.

Calcium (Ca)

Une carence en calcium entraîne habituellement la pourriture apicale du fruit et le dépérissement des points végétatifs. Dans la plupart des cas, la carence en calcium est causée par un stress hydrique dû à un arrosage inadéquat ou inégal, à des variations fréquentes et importantes de l'HR, à un programme de fertilisation non équilibré ou à une salinité élevée. Des arrosages au nitrate de calcium ou au chlorure de calcium aideront à corriger cette carence. Cependant, une solution plus pratique au problème consiste à améliorer l'équilibre de l'eau dans la plante.

Soufre (S)

Il est rare qu'on observe une carence en soufre étant donné qu'il entre dans la composition du support de nombreux fertilisants. Cependant, des niveaux élevés de soufre peuvent amener une élévation excessive de la salinité et nuire aussi à l'absorption du molybdène.

Fer (Fe)

On identifie la carence en fer, un problème fréquent, par la chlorose des jeunes feuilles. Dans la plupart des cas, les carences en fer sont induites. Ses causes indirectes peuvent être un sol au pH trop élevé, une teneur en manganèse trop élevée, une mauvaise croissance des racines ou des conditions anaérobies du sol causées par un arrosage excessif. Des pulvérisations foliaires de sels de fer ou de fer chélaté sont utiles, mais il est préférable d'éliminer la source du problème.

Manganèse (Mn)

On confond souvent les carences en manganèse avec les carences en fer. On reconnaît la carence en manganèse à une chlorose internervale qui jaunit de plus en plus à mesure que la carence s'accentue et qui s'accompagne de nervures aux teintes vert pâle. Au fur et à mesure que la carence s'aggrave, des taches brunes apparaissent à la base des folioles. Il reste que la carence en manganèse est, dans la plupart des cas, l'expression d'une toxicité causée par le fer. Le manganèse peut conduire à des problèmes de toxicité lorsque le substrat, surtout le sol, subit un traitement à la vapeur excessif sans être suivi d'un lessivage.

Cuivre (Cu)

Il peut parfois y avoir une carence en cuivre dans les substrats à base de mousse de tourbe ou dans les mélanges sans sol si le cuivre est omis du calendrier de fertilisation. Les symptômes rappellent ceux qui sont provoqués par une forte salinité, avec de jeunes feuilles vert foncé qui souvent se flétrissent. Quand les symptômes s'aggravent, les pointes des folioles deviennent nécrosées et les boutons à fleurs ne se développent pas.

Bore (B)

La carence en bore se manifeste par la fragilité des feuilles, le flétrissement prématuré et, dans les cas graves, le dépérissement des points végétatifs. Cette carence peut facilement être corrigée par application foliaire d'une solution de borax. La dose est importante, car à des niveaux toxiques, le bore peut causer de sérieux dommages à la plante.

Zinc (Zn)

Cet élément manque rarement. Il risque plutôt de devenir toxique dans les systèmes hydroponiques où la recirculation se fait dans des tuyaux galvanisés. Une réaction entre la solution nutritive et la tuyauterie a pour effet de libérer une quantité excessive de zinc. De la même façon, dans les serres nouvellement construites, l'eau de pluie recueillie de gouttières en métal galvanisé n'ayant reçu aucun traitement spécial peut renfermer une concentration toxique de zinc.

Molybdène (Mo)

La carence en molybdène peut être induite par les conditions acides du sol ou par des niveaux élevés de soufre. Bien que les symptômes de carence en molybdène ne soient pas facilement identifiables, l'analyse de tissus permet un diagnostic fiable.

Récolte et entreposage

Récolter les tomates de serre avec le calice attaché au fruit afin de faciliter l'identification du produit. Récolter les fruits 3 fois/semaine ou tous les 2 jours, surtout durant l'été. Cette pratique garantit que tous les fruits sont récoltés à peu près au même stade de mûrissement. Récolter les fruits alors qu'ils passent du vert au rouge orangé. Certains producteurs récoltent les tomates au stade de tomate mûrissante (lorsque l'extrémité apicale du fruit commence à prendre de la couleur). Les tomates récoltées à un stade plus avancé ont plus de saveur, mais risquent de ne pas présenter une durée de conservation aussi longue, puisqu'elles atteignent un état de surmaturité plus rapidement.

Cueillir les tomates à la main en pinçant ou en brisant le calice à l'endroit où la tige florale forme un coude. Placer le fruit dans des paniers de cueillette ou des caisses pour éviter qu'ils ne soient perforés par le calice. Tailler la tige au besoin pour minimiser les perforations des fruits au moment de leur manipulation pendant le conditionnement et la disposition dans les présentoirs. Se garder de faire tomber les fruits, sous peine de les voir se meurtrir et de raccourcir leur durée de conservation.

Cueillir les tomates aussitôt que possible le matin alors qu'il fait encore frais. Les transporter rapidement dans un endroit couvert ou directement dans une chambre froide. Les fruits laissés dans la serre surchauffent et se détériorent rapidement. Idéalement, les fruits devraient être refroidis à 12 °C (53 °F) le plus vite possible. Pour garder aux fruits toute leur qualité, maintenir une température de 15 °C dans les installations de conditionnement et, au besoin, entreposer les fruits à 12 °C après le classement et le conditionnement, jusqu'au moment de les expédier sur le marché dans des camions réfrigérés. Le conditionnement des tomates se fait souvent sur des chaînes de conditionnement dotées de dispositifs de tri par couleur informatisés qui déterminent le poids et le calibre des fruits. L'homogénéité des emballages (couleur, calibre et qualité) est crucial si l'on veut que le produit soit bien accepté sur le marché. Pendant le conditionnement, apposer sur chaque fruit un autocollant à code à barres (PLU).

Une fois les fruits retirés de la chambre froide, prendre des précautions pour éviter la condensation sur les fruits, soit en les transportant dans un endroit sec ou en augmentant graduellement leur température.

Communiquer avec la Ontario Greenhouse Vegetable Growers, C.P. 417, Leamington (Ontario) N8H 3W5; téléphone : (519) 326-2604 pour des données à jour sur les catégories de fruits et la structure des prix en fonction des catégories.

TABLEAU 6–2. TOMATE : Sommaire des recommandations culturales

	Germination	Production de plants	Transplantation	Stade de récolte	Récolte complète
Température					
diurne	25 °C	19–21 °C	24 °C	19 °C	20–22 °C
nocturne	25 °C	19–21 °C	24 °C	19 °C	17–19 °C
CÉ (mS/cm)	0,0–1,0	2,5–3,0	2,5–3,0	2,7–3,5	2,7–4,0
pH	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8
Volume de la solution nutritive (L/jour)*		0,2–0,3	0,2–0,3	0,5–1,5	1,5–2,5
Calendrier de fertilisation		A	B	C	D

* au besoin (stratégies d'arrosage)

TABLEAU 6–3. Tableau de fertigation des tomates (ppm d'éléments nutritifs)

	N	NH_4	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo	S	Cl	HCO_3
A. Saturation du matelas	200	10	50	353	247	75	0,8	0,55	0,33	0,5	0,05	0,05	120	18	25
B. Les 4–6 sem. après les semis	180	10	50	400	190	75	0,8	0,55	0,33	0,5	0,05	0,05	120	18	25
C. Apports normaux	190	22	50	400	190	65	0,8	0,55	0,33	0,5	0,05	0,05	120	18	25
D. Forte charge fruitière	210	22	50	420	190	75	0,8	0,55	0,33	0,5	0,05	0,05	120	18	25

	kg/1000 L (dilution de 1:100)			
Engrais	**A**	**B**	**C**	**D**
Nitrate de calcium	112	82,1	82,1	82,1
Nitrate de potassium	25,72	42,4	40,89	56,27
Phosphate de monobasique de potassium	6,75	6,75	6,75	6,75
Sulfate de potassium	45,11	38,08	39,21	31,81
Chlorure de potassium	3,75	3,75	3,75	3,75
Sulfate de magnésium	66	66	56	66
Nitrate d'ammonium	0	4	8	8
	g/1000 L (dilution de 1:100)			
Fer chélaté 13 %	615,38	615,38	615,38	615,38
Sulfate de manganèse	207,69	207,69	207,69	207,69
Sulfate de zinc	94,29	94,29	94,29	94,29
Borax	326,67	326,67	326,67	326,67
Sulfate de cuivre	16	16	16	16
Molybdate de sodium	10,87	10,87	10,87	10,87
CÉ souhaitée (mS/cm)	2,5–3,0	3,5	3,0–4,0	2,5–3,5
pH souhaité	5,8	5,8	5,8	5,8
Volume d'eau (L)*	0,25–0,50	0,5–1,0	1,0–2,0	1,5–2,5

* Au besoin (stratégies d'arrosage)
Utiliser ce tableau comme guide seulement. Les calendriers de fertilisation doivent absolument être adaptés à l'exploitation et tenir compte d'autres facteurs tels que : source d'eau, cultivar, époque de l'année, etc.

7. Culture du concombre

La réussite de la culture du concombre en serre dépend de l'habilité du producteur à maintenir des conditions de croissance idéales. Les plants de concombre sont extrêmement sensibles aux changements climatiques. On s'assure d'un bon rendement et d'une bonne qualité de fruits en optimisant les conditions environnementales, notamment la lumière, la température, l'humidité, les déplacements d'air et le milieu offert aux racines (c.-à-d. température du substrat, eau, éléments nutritifs, etc.). Plante tropicale originaire du sous-continent indien, le concombre donne de bons résultats lorsqu'il bénéficie de lumière, de chaleur, d'humidité, d'eau et d'éléments nutritifs en abondance.

Le concombre anglais est le seul concombre cultivé en serre à l'échelle commerciale. Il s'agit d'un fruit apyrène (sans graines) et parthénocarpique, c.-à-d. dont les fleurs n'ont pas besoin d'être pollinisées pour produire des fruits.

Les plants de concombre poussent rapidement et, selon les conditions de lumière et de croissance, donnent un fruit commercialisable en 8–12 semaines. En général, on produit deux cultures de concombre par an; la première, semée en janvier et récoltée entre la mi-février et la mi-juillet ou août; la seconde, semée en août et récoltée de la fin septembre à la fin novembre ou au début décembre.

Le cycle de production à trois cultures, destiné à maintenir une qualité de fruit élevée et à conserver la part de marché, consiste à semer une première culture en décembre qu'on récolte entre la fin janvier ou le début février jusqu'en mai, suivie immédiatement du semis de la deuxième culture qu'on récolte jusqu'en août, et d'une troisième, commencée immédiatement après le nettoyage et terminée en décembre.

Les dates de semis et de fin de récolte sont ajustées en fonction du calendrier de commercialisation et de la disponibilité de la lumière. Dans le passé, alors que les prix étaient généralement plus élevés, la culture de concombre pendant les mois de novembre, de décembre et de janvier donnait de bons résultats. Toutefois, l'augmentation récente des importations de concombres apyrènes a fait baissé les prix et réduit par le fait même la rentabilité de la culture pendant ces mois. Compte tenu du coût élevé des appareils d'éclairage et de l'électricité, le recours à l'éclairage d'appoint n'est pas rentable.

Cultivars

Il existe une vaste gamme de cultivars qui conviennent aux conditions de culture en serre de l'Ontario. La qualité des fruits, le rendement et les habitudes de croissance varient selon les cultivars et les fournisseurs de semences. Comme le marché réclame des fruits de 32–42 cm de long et de 4 cm de diamètre, il est bon de rechercher un cultivar qui procure un pourcentage élevé de fruits de moyens à gros. Les concombres courts rapportent moins.

L'utilisation de cultivars tolérant le blanc du concombre (désignés PMT, abréviation de *Powdery Mildew Tolerant*) est de plus en plus répandue et chaque grainetier en offre un choix pouvant convenir aux producteurs de l'Ontario. Les cultivars qui tolèrent le blanc ou qui y sont résistants affichent un rendement légèrement inférieur à celui des autres cultivars, ce qui rend leur culture moins rentable. Les premiers cultivars PMT produisaient des concombres plus courts, ce qui n'est plus le cas avec les nouveaux cultivars. Certaines exploitations cultivent également les mini-concombres ou concombres à cornichons pour des marchés précis.

Consulter le site Web du MAAARO ou un fournisseur de semences pour plus de détails sur les différents cultivars.

Semis

Les semis peuvent se faire directement dans des blocs de laine de roche ou dans des caissettes remplies de vermiculite. Après la levée, on repique les plantules des caissettes de vermiculite dans des blocs de laine de roche. La germination des graines de concombre est rapide et oblige à intervenir rapidement. La température de germination optimale pour les concombres est de 26–28 °C.

Les concombres lèvent 2–3 jours après les semis et, s'ils sont semés dans des caissettes, sont faciles à repiquer dans des blocs au bout de 4–6 jours.

Production des plants

Après le repiquage, maintenir une température de 25 °C jour et nuit pour favoriser un enracinement rapide. Par la suite, abaisser la température à 23 °C le jour et à 21 °C la nuit, en ajustant la température diurne en fonction de l'intensité de la lumière. Si la lumière est intense, une augmentation de 2 °C est profitable. Pour éviter de nuire à la croissance des racines, il est très important de maintenir la température du bloc entre 21 °C et 23 °C. Un bloc de laine de roche trop mouillé ou trop sec nuit également à l'enracinement.

Pour rentabiliser l'espace au maximum, placer au départ les blocs tout près les uns des autres; les écarter peu à peu lorsque les feuilles commencent à se toucher. Cette pratique favorise l'interception de la lumière et contribue à garder le plant robuste et compact. L'utilisation d'appareils d'éclairage au sodium à haute pression d'une intensité de 20 watts/m^2 pendant 24 heures améliore la qualité des plants et réduit le temps nécessaire pour produire un plant prêt à être transplanté. L'enrichissement en CO_2 (1000 ppm les jours ensoleillés et 400 ppm les jours gris ou lorsqu'on utilise l'éclairage d'appoint) contribue à produire le plant recherché en moins de temps.

Le plant de concombre est prêt à être transplanté dans la serre de production lorsqu'il :

- compte 4–5 feuilles,
- mesure environ 25–30 cm de haut, et
- pèse environ 25–40 g.

Pour obtenir un plant de cette taille, il faut le tuteurer. Placer le tuteur dans le pot à côté du plant. Utiliser des bandes élastiques ou des anneaux métalliques pour attacher les plants aux tuteurs. Quand vient le temps de la transplantation, les plants tuteurés sont moins vulnérables aux dommages occasionnés par leur déplacement et sont plus faciles à étirer le long du fil une fois dans la serre.

On peut transporter les plants dans les serres de production plus précocement (stade 3–4 feuilles). Il suffit de les placer à côté de l'ouverture pratiquée dans le sac de laine de roche et de les arroser au moyen du système d'irrigation goutte-à-goutte. Parmi les avantages de déplacer les plants plus tôt, mentionnons :

- un séjour moins long dans la serre de départ;
- la possibilité d'utiliser des serres de départ plus petites.

Toutefois, quand on place des plants plus jeunes directement dans la serre de production, il faut faire preuve de vigilance pour s'assurer de maintenir la bonne température et le bon degré d'humidité dans la zone racinaire. Une fois que les plants atteignent une taille convenable, on peut les déplacer vers l'ouverture, ce qui permet aux racines de se développer dans le matelas.

Espacement des plants

En général, l'espacement est de 0,55–0,74 m^2/plant (6–8 pi^2/plant) ou de 1,4–1,8 plant/m^2. L'espacement plus grand par plant :

- améliore la qualité, la longueur et la couleur du fruit;
- diminue les coûts, le nombre de graines et de blocs, la quantité de substrat et de main-d'œuvre;
- maintient un rendement plus élevé (nombre de concombres/plant ou concombres/m^2).

En général, les plants de concombre sont cultivés en doubles rangées séparées par une allée. Les tuyaux de chauffage sont situés dans l'allée, dans le cas d'un système de chauffage à eau chaude, et à l'intérieur des doubles rangées, dans le cas d'un système de chauffage à la vapeur. Prévoir une largeur de 140–170 cm pour les allées et un espace de 100–120 cm entre chacun des deux rangs formant une rangée double. L'espacement des plants sur le rang dépend du système utilisé et du peuplement souhaité.

Substrat

La laine de roche est le substrat le plus fréquemment utilisé en Ontario dans la culture du concombre. Le matelas pour concombres mesure 20 cm de large x 7,5 cm de haut x 90–100 cm de long. Avec un matelas de 90 cm de long, prévoir 2 plants/matelas; avec un matelas de 100 cm de long, prévoir 3 plants/matelas. Espacer les matelas à l'intérieur du rang de manière à obtenir la densité de peuplement souhaitée. L'utilisation de 3 plants/sac nécessite moins de laine de roche.

Pour réduire encore davantage les coûts de la laine de roche, envisager d'adopter le système de palissage en « V ». Les plants sont placés en rangées simples à partir desquelles les plants sont palissés de manière à former deux rangées de tiges selon un espacement approprié (1,35–1,81 tige/m^2). Ce système se prête bien à la recirculation de la solution nutritive.

Une fois les matelas de laine de roche mis en place, faire tremper les sacs dans une solution ayant une CÉ de 2,0–2,5 mS/cm et un pH de 5,5 (voir la section 4, *Milieu de croissance*, p. 35). Immédiatement après la transplantation, irriguer la culture avec une solution nutritive complète (CÉ de 2,0 mS/cm et pH de 5,5) en utilisant un volume suffisant pour saturer complètement les matelas. Couper les sacs pour permettre à l'excédent de solution de se drainer (effectué après la transplantation). Selon la lumière disponible, éviter d'arroser pendant 2–3 jours, puis arroser selon les besoins de la culture. Utiliser une solution nutritive renfermant une concentration accrue de calcium entre le moment de la transplantation jusqu'à celui où les plants atteignent les fils de fer (voir le tableau 7-4, *Tableau de fertigation des concombres*, p. 65).

Taille et palissage

La taille en ombrelle modifiée est couramment utilisée en Ontario. Les plants sont palissés le long d'une ficelle tendue de la base du plant au fil de fer suspendu horizontalement (à une hauteur de 1,9–2,0 m). Une fois que les plants atteignent le fil horizontal, deux solutions sont possibles :

1. Pincer le point végétatif, en laissant 1 feuille au-dessus du fil. Laisser pousser deux rameaux latéraux à 1–2 nœuds sous le fil. Attacher ces tiges au fil de fer au moyen de crochets spéciaux ou en les enroulant autour du fil. Une fois que les rameaux latéraux comptent 3–4 nœuds le long du fil de fer, les laisser retomber; pincer les rameaux latéraux primaires lorsqu'ils sont à peu près à mi-chemin du sol. Puis, laisser un autre rameau latéral se développer à la hauteur du fil et lui faire longer le fil de la même façon. Supprimer les rameaux latéraux primaires quand tous les fruits qu'ils ont produit ont été récoltés, afin que les rameaux latéraux secondaires aient de la place pour pousser. Répéter ce procédé pendant toute la saison de croissance (voir la figure 7-1, *Système 1 de taille des concombres*, p. 62).

OU

2. Palisser la tige principale le long du fil de fer jusqu'à ce qu'elle atteigne le plant voisin, puis pincer le point végétatif. Au 2^e et au 4^e nœuds du coude, laisser les rameaux latéraux se développer. Laisser pendre ces rameaux latéraux; les pincer lorsqu'ils sont à mi-chemin du sol. Laisser ensuite la série de rameaux latéraux suivante se développer le long du fil à partir de la tige principale. Répéter l'opération pendant toute la saison (voir figure 7-2, *Système 2 de taille des concombres*, p. 63).

Une fois la forme de base obtenue, la taille dépend par la suite de la vigueur du plant. Pour obtenir une bonne couleur de fruits, s'assurer que la lumière pénètre bien dans le plant. Pour ce faire :

- enlever 1 ou 2 feuilles vertes saines des plants en phase végétative;
- palisser les rameaux latéraux de manière à ce qu'ils poussent vers le bas.

Durant la saison, enlever les feuilles sénescentes (qui vieillissent ou s'assèchent) au-dessus du fil. Palisser un rameau latéral au-dessus et le long du fil de manière à ce qu'il soit bien exposé à la lumière. Ce rameau latéral en hauteur continuera de produire des fruits et d'engendrer de nouveaux rameaux latéraux pendant tout le reste de la saison.

Éclaircissage

L'éclaircissage est nécessaire pour s'assurer d'un bon équilibre entre le nombre de feuilles produites et le nombre de fruits en croissance. Si la phase végétative est trop accentuée (c.-à-d. que les feuilles sont trop nombreuses), la fructification et la récolte se trouvent retardées. Si la fructification est trop abondante, le plant risque de s'épuiser. Un plant équilibré affiche une pro-

duction stable pendant toute la saison et un minimum de variations en dent de scie dans la production hebdomadaire. Si la fructification est trop accentuée, les fruits sont en déséquilibre par rapport à la surface foliaire, de telle sorte que les jeunes fruits mettent plus de temps à parvenir à maturité, se déforment ou avortent. Ce déséquilibre se répercute sur la formation et la croissance des fleurs. Utiliser le tableau 7-1, *Charge fruitière des jeunes plants de concombre*, comme guide pour équilibrer les jeunes plants.

TABLEAU 7–1. Charge fruitière des jeunes plants de concombre

	Hauteur du plant ou n^{bre} de feuilles avant le 1er fruit	N^{bre} de fruits jusqu'au fil (2 m)
Semis d'hiver (déc., janv., févr.)	90–100 cm OU 10–12 feuilles	3–4
Semis de printemps ou d'automne (avr., mai, juin)	80–90 cm OU 8–10 feuilles	5–8
Fin d'automne (oct., nov.)	90–100 cm OU 10–12 feuilles	3–4

Sur la tige principale, ne laisser se développer que 1 fruit tous les 2 nœuds. Sur les rameaux latéraux, laisser se développer 1 fruit par nœud.

Climat

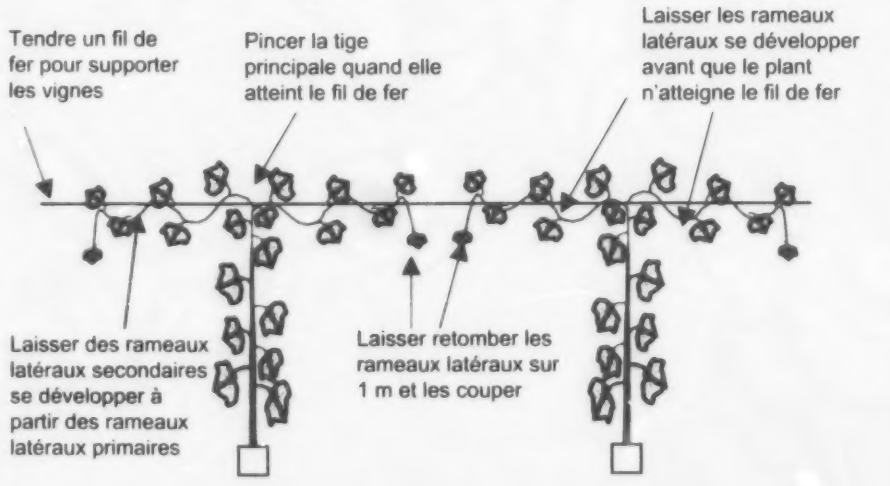
La température influence fortement le taux (ou vitesse) de croissance, la longueur du fruit, sa couleur et l'équilibre entre les phases végétative et de fructification des concombres apyrènes. Le réglage de la température moyenne sur 24 heures détermine le taux de croissance. La température moyenne optimale sur 24 heures est de 21 °C pour la culture des concombres. La variation des températures diurne et nocturne influence la morphologie du plant et modifie l'équilibre entre les phases végétatives et de fructification, c.-à-d. l'équilibre feuilles-fruits (voir la section 2, p. 19).

En général, il est bon d'avoir au départ une température moyenne sur 24 heures qui soit élevée (peu d'écart entre les températures diurne et nocturne), afin d'aider la plante à s'établir et à atteindre le fil en hauteur. On obtient ainsi des plants aux tiges plus fines, aux entre-nœuds plus longs et aux feuilles légèrement plus petites et plus minces et bien espacées. Par la suite, on abaisse la température la nuit pour favoriser le développement de rameaux latéraux plus épais et de fleurs fortes. L'aspect du plant détermine jusqu'à quel point et pendant combien de temps on doit abaisser la température. On maintient une température plus basse pendant plus longtemps pour obtenir des tiges et des feuilles épaisses; et on augmente la température pour en obtenir de plus minces (voir le tableau 7-2, *Régime de températures pour la culture du concombre*, p. 63).

Afin de minimiser la condensation d'eau sur le fruit, élever graduellement la température de l'air à la fin de la nuit. Élever la température de 1 °C/heure et atteindre la température diurne prévue au moins 30 minutes avant le lever du soleil. Des changements de température brusques entraînent des changements brusques au niveau de l'humidité relative (HR) ou du déficit de tension de vapeur (DTV).

Ne pas essayer d'abaisser rapidement la température ou l'HR par une augmentation brusque de la ventilation. Les fruits risqueraient de souffrir de blessures par le froid, de se tordre ou d'avorter. Un DTV entre 0,4 et

FIGURE 7–1. Système 1 de taille des concombres



0,8 kPa minimise les risques de condensation et maintient la transpiration active du plant.

Les plants de concombre poussent vite et peuvent utiliser jusqu'à 3–4 L d'eau/plant/jour, surtout pendant l'été, s'ils sont à maturité et chargés de fruits. Appliquer en tout temps une solution nutritive complète. Dans les cultures sur laine de roche, il peut y avoir jusqu'à 30 cycles d'irrigation par jour. Voir le tableau 7-4 pour connaître le calendrier de fertilisation suggéré pour la culture des concombres en serre.

La concentration de la solution nutritive (exprimée en termes de CÉ) et la quantité d'eau varient selon :

- la période de l'année;
- la taille du plant;
- les conditions environnementales dans la serre.

L'application d'une solution ayant une CÉ plus élevée augmente la qualité des fruits et leur durée de conservation. Éviter l'application excessive de solution nutritive à la zone racinaire étant donné que la saturation du substrat augmente l'incidence des diverses formes du pourridié pythien. L'arrosage doit commencer 1–2 heures après le lever du soleil et se terminer 1–2 heures avant le coucher du soleil. Cette pratique assure l'aération de la zone racinaire pendant la nuit. Il peut être nécessaire d'arroser la nuit, les nuits froides d'hiver lorsque la demande de chaleur est grande et l'HR dans la serre, faible, ou les jours extrêmement ensoleillés et secs du printemps et de l'été. Un arrosage excessif de la culture donne des tiges molles vulnérables à la moisissure grise et à d'autres maladies comme celles causées par *Didymella bryoniae* et *Penicillium oxalicum*. Voir le tableau 7-3, p. 64, pour un sommaire des recommandations culturales.

TABLEAU 7–2. Régime de températures pour la culture du concombre

	Jour	Nuit	Ventil.
Après transplantation (3–4 jours)	25 °C	25 °C	Aucune
Jusqu'au fil (3 sem.)	23–25 °C	23 °C	+2 °C
Jusqu'à ce que les fruits des rameaux latéraux primaires aient été récoltés	23 °C	21 °C	+2 °C
Reste de la saison *	23 °C	17–21°C	+2 °C

* La fourchette de températures nocturnes est suggérée pour modifier la croissance de la plante. Une température douce la nuit donne des plants plus grêles, une fructification plus rapide; des nuits fraîches donnent des plants plus robustes, des rameaux latéraux forts, une bonne floraison et une croissance plus lente.

Récolte et entreposage

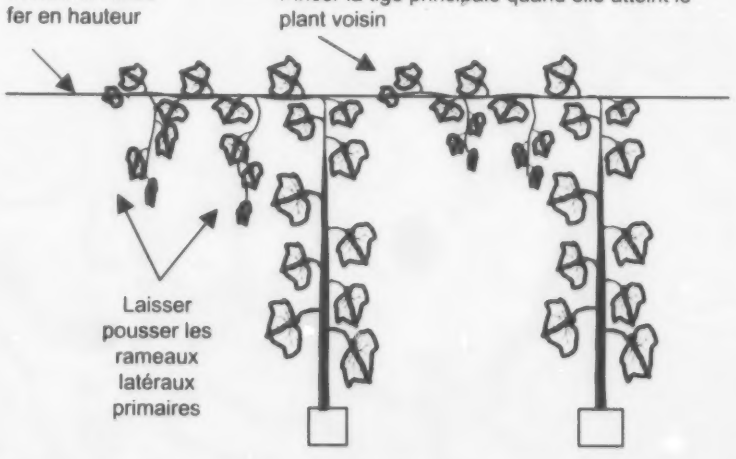
Selon des facteurs comme le cultivar, la lumière, la température, l'humidité et la fertilisation, la fleur du concombre met 10–14 jours pour devenir un fruit prêt à être récolté.

Pour être commercialisable, le fruit doit avoir une longueur minimale de 28 cm et un diamètre minimal de 4 cm. Pour cueillir le fruit, il faut le couper, et non pas l'arracher du plant en tournant. Une coupe franche du pédoncule assure une cicatrisation rapide et diminue les risques d'infection.

Pour empêcher les concombres d'atteindre un état de surmaturité, les récolter tous les deux jours. Une récolte quotidienne peut être nécessaire certaines semaines de l'été où la croissance des fruits est rapide. Traditionnellement, les concombres sont récoltés 3 fois/semaine.

Les concombres sans graines ont une peau qui offre peu de résistance au dessèchement. Ils perdent leur eau très rapidement. Pour cette raison, on en prolonge la durée de conservation en les emballant sous pellicule rétractable. Ce type d'emballage permet aussi d'apposer

FIGURE 7–2. Système 2 de taille des concombres



une étiquette de code à barres. Communiquer avec la Ontario Greenhouse Vegetable Growers (OGVG) pour des détails concernant les catégories et les exigences d'étiquetage.

Entreposer les concombres à 13 °C, loin des courants d'air. Le fruit est extrêmement sensible à l'éthylène; aussi peu que 0,5 ppm d'éthylène suffit à faire jaunir les concombres. Il ne faut donc pas placer les concombres dans des installations d'entreposage ni les transporter dans des camions qui contiennent des fruits produisant de l'éthylène, comme les tomates ou les pommes.

TABLEAU 7–3. CONCOMBRE : Sommaire des recommandations culturales

	Germination	Production des plants	Transplantation	Stade de récolte	Récolte complète
Température diurne nocturne	 28 °C 28 °C	 24 °C 21 °C	 25 °C 25 °C	 23 °C 21 °C	 23 °C 21–17 °C
CÉ (mS/m)	0,0–1,0	1,0–2,5	2,5	2,5–3,0	2,1–2,8
pH		5,8	5,8	5,8	5,8
Volume de solution nutritive (L/jour)*		0,2–0,3	0,2–0,3	1,0–1,5	1,5–2,5
Calendrier de fertilisation		A	B	C	D

* au besoin, selon les stratégies d'arrosage

TABLEAU 7–4. Tableau de fertigation des concombres (ppm d'éléments nutritifs)

	N	NH_4	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo	S	Cl	HCO_3
A. Saturation du matelas	200	10	50	253	247	75	0,8	0,55	0,33	0,5	0,05	0,05	120	0	25
B. Les 4–6 sem. après les semis	180	10	50	370	210	75	0,8	0,55	0,33	0,5	0,05	0,05	120	0	25
C. Apports normaux	190	22	50	370	190	65	0,8	0,55	0,33	0,5	0,05	0,05	120	0	25
D. Forte charge fruitière	210	22	50	370	190	75	0,8	0,55	0,33	0,5	0,05	0,05	120	0	25

	kg/1000 L (dilution de 1:100)			
Engrais	A	B	C	D
Nitrate de calcium	112,11	92,67	82,11	82,11
Nitrate de potassium	25,72	31,5	40,89	56,27
Phosphate monobasique de potassium	6,75	6,75	6,75	6,75
Sulfate de potassium	25,77	44,05	37,19	25,95
Sulfate de magnésium	66	66	56	66
Nitrate d'ammonium	0	4	8	8
	g/1000 L (dilution de 1:100)			
Fer chélaté 13 %	407,69	407,69	407,69	407,69
Sulfate de manganèse	165,38	165,38	165,38	165,38
Sulfate de zinc	91,43	91,43	91,43	91,43
Borax	246,67	246,67	246,67	246,67
Sulfate de cuivre	16	16	16	16
Molybdate de sodium	10,87	10,87	10,87	10,87
CÉ souhaitée (mS/cm)	2,5–3,0	2,5–3,0	2,0–3,0	2,5–3,5
pH souhaité	5,8	5,8	5,8	5,8
Volume d'eau (L)	0,25–0,50	0,5–1,0	2,0–3,0	2,0–3,0

Utiliser ce tableau comme guide seulement. Les calendriers de fertilisation doivent absolument être adaptés à l'exploitation et tenir compte d'autres facteurs tels que : source d'eau, cultivar, époque de l'année, etc.

8. Culture du poivron

Le poivron cultivé en serre gagne en popularité auprès des consommateurs de l'Ontario, offrant ainsi aux producteurs une solution de rechange aux cultures de la tomate et du concombre. Le fruit peut être cueilli à maturité, une fois qu'il a pris sa coloration rouge, jaune, orange ou autre.

Cultivars

Choisir les cultivars en fonction du potentiel de rendement, du calibre, de la forme et de la qualité des fruits, des habitudes de la plante, de sa vigueur, de la couleur en demande sur le marché et de la tolérance aux maladies, surtout aux virus. Le gros poivron carré et court, le rouge surtout, est le cultivar le plus couramment cultivé.

Voir la page Web du MAAARO ou un grainetier pour plus de détails sur les cultivars.

Calendrier de culture

Comme les poivrons ont une croissance très lente, on étale le calendrier de production en serre sur toute l'année. En général, on fait les semis au début d'octobre, la transplantation dans la serre au début de décembre et on récolte les premiers fruits à compter de la mi-mars jusqu'à la fin novembre ou au début décembre.

TABLEAU 8–1. Calendrier de culture du poivron

Type de culture	Semis	Repiquage	Récolte	Fin du cycle
pleine saison	1re sem. d'oct.	1re sem. de déc.	milieu-fin mars	1re sem. de déc.

Il n'est pas recommandé de poursuivre la culture du poivron durant l'hiver (c.-à-d. récolter pendant les mois de décembre, de janvier et de février) sans une source d'éclairage d'appoint, étant donné que le rayonnement est alors trop faible pour soutenir une production économiquement rentable. Pour l'instant en Ontario, on n'a pas recours aux lampes au sodium à haute pression pour soutenir les rendements.

Multiplication des plants

Semis

Utiliser de la semence de haute qualité provenant d'un grainetier reconnu. Semer les graines dans des micro-mottes de laine de roche en prenant soin au préalable de bien faire tremper les micro-mottes dans de l'eau claire ou une solution nutritive complète ayant un pH de 5,8 et une CÉ de 1,0 mS/cm. Après le semis, recouvrir les micro-mottes de vermiculite de granulation moyenne, bien humecter, puis couvrir d'une pellicule de polyéthylène claire de 2 mil et placer les caissettes sur des tables chauffées par le dessous ou dans une chambre de germination. La température de germination optimale est de 25–26 °C. Après la levée (au bout de 3–4 jours), retirer les caissettes de la chambre de germination ou enlever la pellicule de polyéthylène et abaisser la température à 23 °C. Repiquer les plantules une fois que les cotylédons sont entièrement déployés et que les feuilles vraies commencent à apparaître (environ 14–18 jours après les semis).

Production des plants

Une fois que les blocs de laine de roche (10 cm x 10 cm x 7,5 cm) sont imbibés d'une solution nutritive complète (CÉ de 1,5–2,0 mS/cm; pH de 5,2), placer les plantules directement (sans plier les tiges) dans la cavité et étendre de la vermiculite à la base de la tige pour mieux la faire tenir. De plus en plus d'exploitants plient la tige dans la cavité afin d'accroître la stabilité du plant dans le bloc de laine de roche.

Au départ, placer les blocs côte à côte pour économiser l'espace. Au fur et à mesure que les plants grossissent, écarter les blocs jusqu'à une densité finale de

18 plants/m^2 lorsqu'ils sont prêts à être transplantés dans la serre. Pendant cette période, la température optimale est de 20 °C la nuit et de 21–23 °C le jour. Ajuster la température en fonction de la lumière disponible et du développement plus ou moins avancé des plants que l'on souhaite. Au besoin, fournir aux plants une solution nutritive complète. La quantité de solution nutritive et la fréquence des applications dépendent de la température, de la lumière disponible, des conditions dans la serre et de la taille des plants.

L'enrichissement carboné (700–800 ppm) et un éclairage d'appoint par des lampes au sodium à haute pression d'une intensité de 20 watts/m^2 améliorent considérablement la vigueur et la grosseur des plants, en plus de diminuer le délai nécessaire (1–2 semaines) à l'obtention du plant idéal. Les plants de poivron sont prêts à être transplantés lorsque le premier bouton floral (fleur centrale) est bien visible ou presque prêt à ouvrir au niveau de la première ramification du plant, ce qui survient habituellement 6–8 semaines après les semis (PLANCHE 13).

Espacement des plants

Une densité de peuplement de 3 plants/m^2 est considérée comme optimale. Étant donné que les plants sont normalement taillés à 2 tiges, on obtient une densité de 6 tiges/m^2. Disposer les plants dans la serre en rangées doubles en laissant 0,6 m entre chaque rangée et 0,9 m pour les allées. Ajuster l'espacement des plants sur la rangée de manière à obtenir la densité de peuplement voulue. Dans la culture sur laine de roche, compter 5 plants/matelas de 180 cm — habituellement 2 matelas de 90 cm dans un manchon de polyéthylène de 2 m de long formant un seul long matelas. Espacer les matelas, ainsi que les tiges, de manière à obtenir la densité de peuplement souhaitée. On peut aussi augmenter la densité des tiges de 6,0 tiges/m^2 à 6,5–6,75 tiges/m^2 en jouant sur la distance entre les matelas. Tuteurer les tiges de manière à assurer une pénétration maximale de la lumière.

Substrat

En Ontario, le substrat utilisé pour le gros de la superficie consacrée à la culture du poivron en serre est la laine de roche ou la mousse, la culture sur film nutritif n'étant pratiquée que sur quelques acres seulement.

Faire tremper les matelas de laine de roche dans une solution de saturation de matelas ayant un pH de 5,2 et une CÉ de 2,0 mS/cm (voir le *tableau 8-3*). Après la transplantation, utiliser une solution nutritive ayant un pH suggéré de 5,2 et une CÉ de 2,0–2,5 mS/cm. Ajuster la CÉ en fonction de la vitesse de croissance et de la lumière disponible. Une CÉ trop faible donne des plants plus faibles qui sont vulnérables à la maladie. Une CÉ trop élevée ralentit la croissance, ce qui donne des entre-nœuds plus courts, des tiges plus grêles et des feuilles minces et plus petites. Un feuillage restreint est préoccupant, car le fruit exposé au soleil risque de souffrir d'insolation (PLANCHES 14 et 15).

La gestion de l'humidité des blocs est importante pour réduire l'accumulation des sels à la base des plants (PLANCHE 16). Les lésions causées par les sels peuvent constituer des points d'entrée pour les pathogènes, notamment *Fusarium*, qui est responsable de la pourriture de la tige. Durant le cycle de production, utiliser une solution nutritive ayant un pH de 5,2–5,5 et une CÉ de 2,0–3,0 mS/cm. Maintenir dans le matelas un pH de 5,8 et une CÉ de 2,0–3,0 mS/cm. Il s'agit pour y parvenir d'intervenir au niveau de la lixiviation (voir la rubrique *Culture sur laine de roche*, section 4, p. 33).

Le volume et la CÉ de la solution nutritive appliquée varient selon la lumière disponible, la taille du plant ainsi que la température et l'humidité relative (HR) dans la serre. Appliquer la solution nutritive à 18–22 °C. Commencer l'irrigation 1–2 heures après le lever du soleil et l'arrêter 1–2 heures avant le coucher du soleil. Il arrive qu'il faille arroser la nuit, surtout quand on chauffe beaucoup la serre les nuits froides et venteuses et/ou lorsque l'HR est faible dans la serre.

Taille et tuteurage

Les plants de poivrons comportent naturellement de nombreuses tiges. Les jeunes plants se ramifient après plusieurs semaines de croissance, habituellement au stade 6–8 feuilles. Par la suite, à chaque nœud, un bouton floral et une pousse latérale se forment. Il faut les supprimer de manière à obtenir un plant à 2 tiges (environ 2 semaines après la transplantation). Garder les premiers fruits à partir de la 3^e ou 4^e division des tiges principales après la fourche. Supprimer les fleurs en jouant sur les températures (voir sous *Climat*, p. 68) ou

à la main. Ne pas laisser la fleur centrale (au niveau de la fourche) former un fruit, de manière à laisser le temps à la plante de bien se développer avant d'encourager la fructification. Enlever les pousses latérales en les pinçant ou à l'aide d'un couteau tranchant. Procéder ainsi tous les 10–14 jours.

On laisse parfois des pousses latérales se développer. La décision repose sur plusieurs facteurs. Pour augmenter la surface foliaire, il est possible de tailler la pousse latérale de manière à laisser une feuille se former. Dans certains cas, on peut laisser une fleur au premier nœud de la pousse latérale former un fruit de manière à ce qu'un fruit se développe à tous les niveaux (nœuds), surtout si la fleur au nœud de la tige principale fait défaut de se former.

Il faut tuteurer les plants de poivron à l'aide de ficelles retenues à la base du plant par un nœud lâche, non coulant, qu'on attache aux fils métalliques situés à 3,4–3,7 m en hauteur. Enrouler la ficelle autour du plant pour former une spirale lâche tous les 10–14 jours. Dans les exploitations dépourvues de fils métalliques en hauteur, les plants de poivron peuvent être abaissés comme le sont les plants de tomate.

Climat

Le poivron est un plant de nature lent à pousser. Il a besoin de températures élevées et d'un apport important d'éléments nutritifs pour maintenir une vitesse de croissance raisonnable. La qualité des fruits et le rendement dépendent de la capacité du plant à produire de grosses fleurs bien formées sur des plants vigoureux. Les fleurs qui se forment sur des plants faibles sont habituellement plus petites, peu colorées et ont tendance à tomber ou, si elles se transforment en fruit, donnent des fruits de plus petit calibre et mal formés. Une mauvaise pollinisation qui débouche sur une fructification qui laisse à désirer entraîne aussi la production de fruits difformes.

Après la transplantation dans les matelas, maintenir les températures de l'air à 23 °C le jour et 21 °C la nuit pendant 1 semaine, afin de favoriser une forte croissance végétative et un établissement rapide des racines. Ce régime de température initial décourage la fructification, au profit d'un plant plus équilibré (voir sous *Fructification*, p. 69). À peu près 7–10 jours après la transplantation, abaisser graduellement la température nocturne à 20–18 °C, afin d'encourager la fructification. Une température plus fraîche la nuit favorise la formation de fleurs fortes et une bonne fructification. Pour équilibrer le rapport entre la charge fruitière et la surface foliaire, jouer sur la température nocturne afin d'influencer la floraison et la fructification. Se rappeler qu'une température plus fraîche la nuit encourage la formation des fleurs (phase de fructification), tandis qu'une température élevée la nuit encourage la formation de feuillage (phase végétative).

Les plants de poivron fleurissent à chaque nœud et forment des fruits par poussée (au rythme d'environ 4 fruits/tige). Les fleurs aux 2^{e} et 3^{e} nœuds suivants avorteront et le plant formera à nouveau des fruits. La modification des conditions dans la serre en vue d'améliorer l'équilibre des plants atténue ce phénomène. Le fait d'enlever les fleurs et/ou les fruits de piètre qualité aide aussi à équilibrer la plante et à s'assurer d'une récolte stable.

Une température de ventilation de 2–3 °C au-dessus de la valeur de réglage de la température est généralement recommandée, mais peut être modifiée pour maintenir un niveau d'HR optimal. Un déficit de tension de vapeur (DTV) de 0,4–0,7 kPa est recommandé. À la température de croissance suggérée, l'HR se situe autour de 70–80 %. Dans les premiers stades de croissance, l'HR peut être trop faible, obligeant à recouvrir la culture d'une pellicule de polyéthylène clair de 2 mil, comme écran emprisonnant l'humidité et la chaleur, afin d'élever l'HR. On peut aussi recourir à la nébulisation ou à la brumisation pour élever l'HR. Se méfier toutefois des niveaux d'HR trop élevés qui augmentent les risques de maladies.

Compte tenu de la sensibilité des plants de poivron, il est important de posséder tout le matériel voulu pour maintenir un milieu optimal dans la serre. Même s'il est possible d'utiliser un système de chauffage à air pulsé bien conçu (c.-à-d. qui distribue l'air par des bouches de soufflage entre les rangs), ce type de système exige beaucoup de doigté.

Afin de maintenir les conditions recherchées dans la serre pendant les mois d'été, un écran quelconque est nécessaire pour protéger la culture du soleil. Un écran amovible ou écran d'ombrage qu'on ferme lorsque les

niveaux de lumière et de température sont élevés diminue le stress imposé aux plants de poivron. Une autre solution consiste à blanchir le toit de la serre à la chaux. On applique pour ce faire un lait de chaux de faible concentration vers la fin avril ou le début mai, et on répète l'opération entre le début et le milieu de juin. Vers la fin août, on enlève l'enduit de lait de chaux afin de maximiser la pénétration de la lumière pendant l'automne. Le maintien de conditions idéales pendant les périodes de chaleur et de fort ensoleillement favorise la formation d'un bon feuillage et minimise la pourriture apicale et l'incidence d'insolation (voir le *tableau 8-2*, ci-dessous, pour un sommaire des recommandations culturales).

Fructification

Dans les cultures démarrées tôt, retarder la fructification jusqu'au 3 ^{e} ou 4 ^{e} nœud des tiges principales. Supprimer les fleurs en deçà de ce niveau dès le début de leur formation. On s'assure ainsi d'obtenir un plant possédant suffisamment de surface foliaire pour soutenir la charge fruitière en développement sans diminution de la vitesse de croissance ni retard dans le développement des fruits. Une fructification trop hâtive donne des fruits dont le calibre et la forme laissent à désirer et qui sont plus vulnérables à la pourriture apicale.

Récolte et entreposage

Récolter les poivrons de serre lorsqu'ils ont leur pleine couleur (colorés à plus de 80 %). Les récolter trop tôt retarderait leur mûrissement et abrégerait leur durée de conservation. On obtient un rendement financier optimal lorsqu'on récolte les poivrons une fois qu'ils sont tout à fait colorés.

Récolter les poivrons de serre en coupant le pédoncule à l'aide d'un petit couteau bien tranchant. Une coupe propre et lisse réduit l'incidence des pathogènes et confère une belle apparence au fruit récolté. Couper tous les pédoncules à égalité avec la tige principale, afin de favoriser une cicatrisation rapide et réduire les risques de maladies comme la pourriture fusarienne de la tige et du fruit ou la moisissure grise.

Les fruits sont classés par grosseur et par couleur de façon à offrir un produit uniforme et attrayant. Entreposer les poivrons à 7–8 °C, au besoin. L'éthylène qui se dégage des fruits et légumes entreposés avec les poivrons peut provoquer un mûrissement accéléré du poivron, ce qui en réduit la durée de conservation et nuit à sa commercialisation.

TABLEAU 8–2. POIVRON : Sommaire des recommandations culturales

	Germination	Production des plants	Transplantation	Stade de récolte	Récolte complète
Température					
diurne	25 °C	21 °C	21 °C	21 °C	21 °C
nocturne	25 °C	23 °C	24 °C	24 °C	18 °C
CÉ (mS/cm)	0,0–1,0	1,0–2,0	1,5–2,5	2,0–3,0	2,0–3,0
pH	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8
Vol. de solution nutritive (L/jour)		0,2–0,3	0,2–0,3	0,5–1,5	1,5–2,0
Calendrier de fertilisation		A	B	C	D

TABLEAU 8–3. Tableau de fertigation des poivrons (ppm d'éléments nutritifs)

	N	NH_4	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo	S	Cl	HCO_3
A. Saturation du matelas	200	10	50	253	247	75	0,8	0,55	0,33	0,5	0,05	0,05	120	0	25
B. Les 4–6 sem. après les semis	180	10	50	370	190	75	0,8	0,55	0,33	0,5	0,05	0,05	120	0	25
C. Apports normaux	190	22	50	370	190	65	0,8	0,55	0,33	0,5	0,05	0,05	120	0	25
D. Forte charge fruitière	210	22	50	370	190	75	0,8	0,55	0,33	0,5	0,05	0,05	120	0	25

	kg/1000 L (dilution de 1:100)			
Engrais	A	B	C	D
Nitrate de calcium	112,11	82,11	82,11	82,11
Nitrate de potassium	25,72	42,43	40,89	56,27
Phosphate monobasique de potassium	6,75	6,75	6,75	6,75
Sulfate de potassium	25,77	36,06	37,19	25,95
Sulfate de magnésium	66	66	56	66
Nitrate d'ammonium	0	1	8	8
	g/1000 L (dilution de 1:100)			
Fer chélaté 13 %	407,69	407,69	407,69	407,69
Sulfate de manganèse	165,78	165,78	165,78	165,78
Sulfate de zinc	91,43	91,43	91,43	91,43
Borax	246,67	246,67	246,67	246,67
Sulfate de cuivre	16	16	16	16
Molybdate de sodium	10,87	10,87	10,87	10,87
CÉ souhaitée (mS/cm)	2,5–3,0	3,0–3,5	2,5–3,5	2,5–3,5
pH souhaité	5,8	5,8	5,8	5,8
Volume d'eau (L)	0,25–0,50	0,5–1,0	1,0–2,0	1,5–2,5

Utiliser ce tableau comme guide seulement. Les calendriers de fertilisation doivent absolument être adaptés à l'exploitation et tenir compte d'autres facteurs tels que : source d'eau, cultivar, époque de l'année, etc.

9. Culture de la laitue

De nos jours, la production commerciale de laitue en serre se fait principalement au moyen de systèmes de culture hydroponique. Dans le passé, la culture sur sol se pratiquait beaucoup, surtout après une culture de printemps sur sol de la tomate. On gardait ainsi la main-d'œuvre occupée et on s'assurait de rentrées d'argent supplémentaires. Toutefois, le passage à la monoculture et à la culture hydroponique de la tomate a mis un terme à cette pratique. À l'heure actuelle, les producteurs de laitue produisent exclusivement de la laitue, la laitue beurre (connue sous les noms de laitue Boston ou de laitue Bibb) étant par ailleurs le seul type de laitue cultivé en serre. Ce type de laitue forme une pomme peu serrée, constituée de petites feuilles tendres entourées de feuilles enveloppantes plus grandes.

La laitue de serre est commercialisée dans des créneaux exclusifs du marché, notamment celui des grands restaurants et des marchés de fruits et légumes, bien qu'une quantité de plus en plus grande de laitues soient acheminées vers les supermarchés.

Une exploitation de taille moyenne couvre environ 2 500 m^2. Le gros de la production se fait suivant la technique de culture sur film nutritif. Suivant cette technique, on fait couler continuellement sur les racines un film nutritif soumis à la recirculation.

La réussite au niveau de la commercialisation de la laitue de serre passe par un système conçu pour assurer un approvisionnement constant. Il faut pour cela se doter d'un système de culture à deux phases qui comporte :

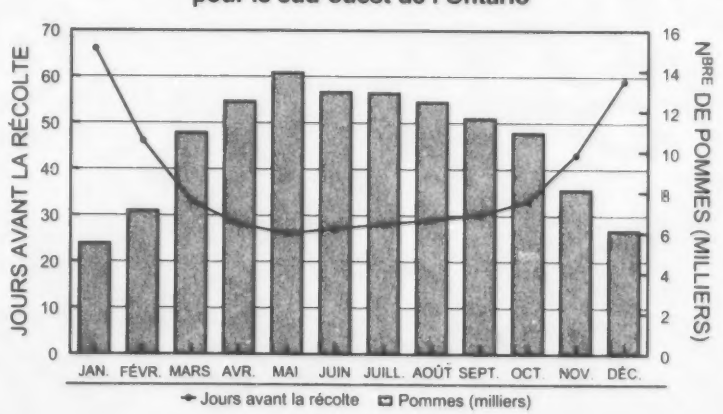
- une section réservée aux semis hebdomadaires et à la culture des plants repiqués;
- une section de culture où les plants sont amenés jusqu'à maturité, puis récoltés.

Pour un maximum d'efficacité, on règle l'espacement des plants en fonction de leur âge ou de leur taille. Dans les premiers stades de croissance, on garde les plants rapprochés les uns des autres, selon un espacement de 100 cm^2 (4 po x 4 po), puis, quand les feuilles se touchent, on les distance selon un espacement de 400 cm^2 (8 po x 8 po) jusqu'à la récolte. Pour obtenir une moyenne de 1 000 pommes de laitue par semaine, il faut compter sur une superficie de 325 m^2 (3 500 pi^2). Les cycles de production sont alors au nombre de 8–10 par année (voir la figure 9-1, *Rendement projeté de la laitue pour le sud-ouest de l'Ontario*).

Production des plants

Semer les graines dans des plateaux renfermant un mélange de tourbe et de perlite en disposant la semence à la surface du substrat, puis en la recouvrant d'une couche mince de tourbe fine. Prendre soin avant les semis de faire tremper les plateaux dans de l'eau claire à 18 °C afin d'éviter de déranger la distribution des graines. Couvrir ensuite les caissettes d'une pellicule de polyéthylène clair de 2 mil pour retenir l'humidité dans le substrat. La température de germination optimale est de 15 °C–18 °C. Les graines de laitue risquent de ne pas germer si la température est trop élevée. Cela est

FIGURE 9–1. Rendement projeté de la laitue pour le sud-ouest de l'Ontario



particulièrement vrai l'été. Réduire la température en ombrageant la surface de germination ou en recourant à la brumisation.

Après la sortie des premières feuilles vraies (7–10 jours), choisir les meilleures plantules et les repiquer dans des micro-mottes d'oasis ou de laine de roche (3 cm x 3 cm x 3 cm). Dans certains cas, on peut semer les graines directement dans les micro-mottes d'oasis ou de laine de roche ou dans des pastilles Jiffy-7 pour plantules d'essences forestières. Dans le cas des pastilles Jiffy, les déposer dans une caissette et les faire tremper dans de l'eau du robinet. Une fois les pastilles gonflées, déposer 2–4 graines de laitue (habituellement de laitue en feuilles) dans la cavité sur le dessus.

Une fois que les plantules atteignent la hauteur souhaitée, placer les micro-mottes dans les rigoles du système de culture sur film nutritif. Arroser les plantules avec une solution nutritive complète diluée (CÉ de 1,0–1,5 mS/cm et pH de 6,0) par brumisation ou par sub-irrigation. Maintenir la température à 15–18 °C, utiliser un éclairage d'appoint au moyen de lampes au sodium à haute pression d'une intensité de 20 watts/m^2 pour obtenir une photopériode de 24 heures, et recourir à l'enrichissement en CO_2 pour maintenir un taux de 1000 ppm.

La photopériode de 24 heures, surtout sous les faibles intensités lumineuses des journées d'hiver et des jours gris, améliore la croissance des plants et permet de les démarrer plus tôt. Déplacer les jeunes plants dans les rigoles permanentes une fois que 3–4 feuilles sont sorties (habituellement 3–4 semaines après les semis). Selon la radiation solaire saisonnière, la température de croissance et l'enrichissement en CO_2, la récolte peut commencer 4–8 semaines plus tard. Durant l'été, l'intervalle entre les semis et la récolte peut être aussi court que 7–8 semaines, tandis que l'hiver, il peut aller jusqu'à 11–12 semaines.

Production de la culture

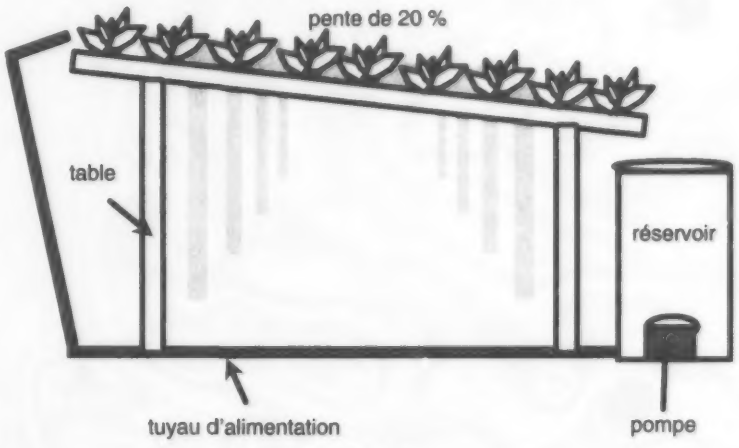
Il existe de nombreux types de rigoles qui servent à la culture sur film nutritif de la laitue. Celles-ci vont du simple conduit de descente de gouttière ou du tuyau de drainage en PVC de 10 cm (4 po) au conduit extrudé à fond cannelé et supports à plants intégrés. Dans tous les cas, la rigole offre une canalisation pour la recirculation de la solution nutritive et un support permettant de placer les plants (habituellement un couvercle à travers lequel le plant est installé). La rigole doit être suffisamment rigide pour être déplacée (afin de régler l'espacement des plants au fur et à mesure de la croissance) ainsi que pour être désinfectée entre les cycles de culture (voir figure 9-2, *Système de culture sur film nutritif de la laitue*).

Comme l'aération des racines est importante, le système doit être conçu de manière à faire s'écouler rapidement un mince film de solution nutritive. Si l'écoulement est trop abondant, un plus grand nombre de racines se trouvent submergées, ce qui prive les racines d'oxygène. Ces racines sont alors faibles, brunes, cassantes et vulnérables aux infections microbiennes.

On injecte de l'air dans la solution nutritive à l'aide d'une petite pompe qui assure le retour de la solution dans le bassin et d'une structure en hauteur semblable à une pomme de douche. On peut aussi utiliser un aérateur — dispositif qui injecte de l'air dans la solution au moment où elle est retournée au bassin. Pour assurer une meilleure aération et un meilleur mélange de la solution, concevoir la conduite de retour et le bassin collecteur de manière à ce que l'eau soit projetée en faisant des éclaboussures dans le bassin.

Le bassin collecteur doit être d'une capacité de 2000–2300 L/ac (1000–1500 L/1000 m^2) pour offrir une réserve de solution suffisante et permettre une réaction

FIGURE 9–2. Système de culture sur film nutritif de la laitue



rapide à un réglage de la CÉ et du pH. Un bassin trop grand risque de ne pas permettre de réagir rapidement aux apports automatiques de fertilisant et d'acide en cours de production. Maîtriser automatiquement les niveaux de pH et de CÉ pour assurer des fourchettes optimales de CÉ et de pH et réduire les fluctuations de CÉ responsables de la brûlure de la pointe. Le niveau de CÉ de la solution nutritive varie selon la période de l'année, le stade de croissance, le cultivar et la vitesse de croissance. Le tableau 9-1 fournit un calendrier de fertigation applicable à la culture de la laitue.

La culture en bassin (aussi appelée « à flotteur mobile ») est un autre système de culture de la laitue en serre (voir figure 9-3, *Système de culture en bassin*). Ce système repose sur l'utilisation de feuilles de styromousse percées de trous à intervalles fixés en fonction de la densité de peuplement souhaitée. Ces feuilles flottent à la surface de bassins de solution nutritive. Voici différentes formes que peut prendre ce système :

- parois de bois traité sous pression de 5 cm x 15 cm (2 po x 6 po) disposées en forme de patinoire pour le hockey et doublées de plastique;
- bassins de béton élaborés de 30 cm de profondeur;
- tables de flux et reflux modifiées pour maintenir une plus grande profondeur de bassin (3–5 cm).

La solution nutritive est recirculée, aérée et modifiée par des apports d'engrais et d'acides afin d'en maintenir la teneur voulue en éléments nutritifs. La longueur et la largeur des bassins varient en fonction des dimensions de la serre ou des matériaux utilisés. Ce système de culture donne de très bons résultats.

Climat

Les régimes de température du cycle de culture varient selon la radiation solaire saisonnière, le cultivar, la vitesse de croissance souhaitée et la date de récolte. En général, maintenir les températures la nuit entre 15 °C et 18 °C et régler la température diurne en fonction du rayonnement, soit dans la plage de 18–19 °C les jours gris, et de 19–22 °C les jours ensoleillés. Mettre la ventilation en marche dès que la température dépasse de 1–2 °C la température fixée. Régler les régimes de température de manière à maintenir l'objectif de production hebdomadaire. Corriger les températures graduellement, afin de prévenir les incidences de maladies ou de brûlure de la pointe.

La laitue peut être cultivée comme culture de saison froide (10 °C la nuit et 15–18 °C le jour), surtout durant les mois d'hiver lorsque le rayonnement est faible. Toutefois, l'intervalle avant la récolte se trouve alors prolongé. Conserver l'humidité relative (HR) à 75–85 % ou le déficit de tension de vapeur (DTV) à 0,4–0,8 kPa. Durant les mois d'été, lorsque les températures extérieures sont élevées, faire tout ce qui est possible pour maintenir une température plus basse dans la serre. La qualité des feuilles ou des pommes de laitue se ressent de températures trop élevées.

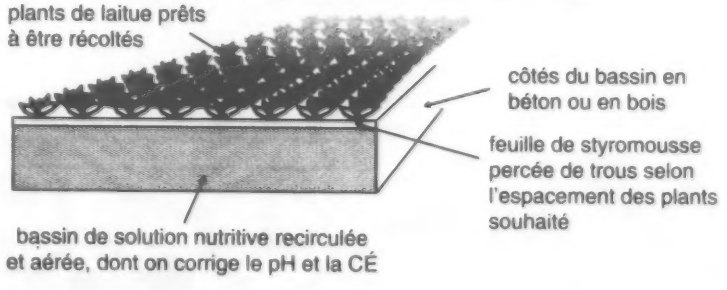
Protéger la serre des rayons du soleil par un écran d'ombrage amovible ou blanchir l'extérieur de la serre au lait de chaux. Utiliser des systèmes de refroidissement par évaporation ou des systèmes de brumisation à haute pression. Éviter de créer des conditions qui donnent lieu à la formation d'eau libre sur les feuilles ou à une réduction de la transpiration.

Recourir à un éclairage d'appoint (> 20 watts/m^2) lorsque le rayonnement est faible, c.-à-d. durant les mois d'hiver ou les périodes de temps couvert, afin d'obtenir une photopériode de 18 heures. Garder les taux de CO_2 à 1000 ppm durant les périodes où la serre est baignée de lumière, qu'il s'agisse de lumière naturelle ou artificielle.

Récolte et entreposage

Une fois que la laitue a atteint sa taille de marché (250 g), retirer les plants des rigoles avec les racines et les insérer, racines premières dans un sac en polyéthylène. Attacher les racines à l'aide d'un élastique. Laisser le sac

FIGURE 9–3. Système de culture en bassin



ouvert autour de la pomme. Il existe aussi des blisters double coque dotés d'une petite cavité pour les racines. Si on récolte la laitue sans les racines, on la dépose dans un sac, le dessous en premier sans refermer le sac. On expédie les sacs de laitue dans des caisses de 12–18 pommes.

La qualité de la laitue se détériore rapidement si les conditions d'entreposage laissent à désirer. On entrepose la laitue à 2–4 °C à un taux d'HR élevé (80–90 %). Des températures sous le point de congélation endommagent le produit et des températures trop élevées font en sorte que la croissance foliaire se poursuit, ce qui rend le produit moins attrayant. Entreposer la laitue loin des produits dégageant de l'éthylène (voir sous *Taches de rouille*, p. 84).

TABLEAU 9–1. Tableau de fertigation de la laitue cultivée sur film nutritif (ppm d'éléments nutritifs)

	N	NH_4	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo	S	Cl	HCO_3
A	200	10	50	400	200	55	6	1	0,5	0,5	0,05	0,05	120	100	25

	kg/1000 L (Dilution de 1:100)
Engrais	A
Nitrate de calcium	87,37
Nitrate de potassium	52,56
Phosphate monobasique de potassium	6,75
Sulfate de potassium	20,41
Chlorure de potassium	14,17
Sulfate de magnésium	4,6
Nitrate d'ammonium	0,74
	g/1000 L (dilution de 1:100)
Fer chélaté 13 %	4620
Sulfate de manganèse	380,77
Sulfate de zinc	142,86
Borax	326,67
Sulfate de cuivre	16
Molybdate de sodium	10,87
CÉ souhaitée (mS/cm)	2,2–3,0
pH souhaité	6,2–6,5

Utiliser ce tableau comme guide seulement. Les calendriers de fertilisation doivent absolument être adaptés à l'exploitation et tenir compte d'autres facteurs tels que : source d'eau, cultivar, époque de l'année, etc.

10. Maladies

La lutte contre la maladie dans la serre se fait facilement par :

- l'assainissement et l'hygiène;
- des pratiques culturales comme la fertilisation et la taille;
- la gestion du milieu de la serre.

La PLANCHE 17 est un exemple d'une situation qui conduit rapidement au déclenchement d'une maladie.

Tomate

Maladies cryptogamiques de la tomate

Racines liégeuses (*Pyrenochaeta lycopersici*)

Les plants infectés manquent de vigueur (têtes faibles) et se flétrissent les jours ensoleillés. Au fur et à mesure que la maladie progresse, on observe la chlorose des feuilles (chlorose jaune-brun sur les feuilles inférieures) et un flétrissement plus sévère. Un examen précoce des racines révèle des lésions brun pâle à leur surface. Sur les racines plus vieilles, ces lésions sont plus près de la base du plant. Sur les racines plus vieilles et plus grosses, des lésions brunes, sèches, gonflées et liégeuses sont visibles. La couche liégeuse pèle facilement révélant les tissus vasculaires des racines (la stèle). Ce symptôme est communément désigné « queue de rat ».

La maladie des racines liégeuses est lente à se développer et n'entraîne la mort du plant qu'après une longue période. C'est pourquoi la gestion de la culture est si importante. Le fait d'encourager une forte croissance des racines — permettant ainsi à de nouvelles racines de se développer continuellement — minimise les problèmes associés à cette maladie. Éviter d'installer le plant dans un substrat froid. Dans la culture sur laine de roche, le plant infecté infecte tôt ou tard l'autre plant qui se trouve dans le sac. À la fin de la saison, jeter le sac, étant donné qu'au cours de la stérilisation, la vapeur risque de ne pas pénétrer les grosses racines infectées où se loge le pathogène.

Fonte des semis précoce et fonte des semis tardive (*Pythium* et *Rhizoctonia*)

Compte tenu de l'usage répandu des techniques de culture hydroponique, qui repose sur l'utilisation d'un milieu de croissance inorganique, la fonte des semis précoce n'est plus un problème courant de nos jours. De plus, les semences sont en général traitées.

La fonte des semis précoce fait pourrir la graine ou la plantule avant sa levée. Dans le cas de la fonte des semis tardive, la base de la plantule rétrécit et s'effondre, ce qui provoque la verse du plant (PLANCHE 18).

Moyens de minimiser le problème :

- prendre les précautions voulues au moment des semis;
- maintenir la température idéale dans le substrat;
- arroser avec de l'eau tiède (18–22 °C);
- utiliser un milieu de croissance stérile;
- utiliser de l'eau propre (éviter l'eau provenant d'un puits ou d'une crique pouvant être contaminée par du sol);
- désinfecter l'eau si elle n'est pas propre;
- utiliser un substrat qui se draine bien.

Arroser les plantules le matin pour que les feuilles et les tiges aient le temps de s'assécher avant la tombée du jour. Garder propres la serre de démarrage et la table de semis.

Flétrissure fusarienne et flétrissure verticillienne (*Fusarium* et *Verticillium*)

Les premiers symptômes sont le jaunissement des feuilles inférieures et le flétrissement du plant. Le jaunissement se manifeste d'abord sur les feuilles plus vieilles, causant le retournement des feuilles et des points de croissance vers le bas, phénomène appelé « épinastie ».

En général, le tissu internerval prend une teinte jaune vif et présente des marques allant du brun au orangé. Le brunissement du tissu vasculaire s'étend sur une bonne hauteur. Le réseau vasculaire des pétioles peut aussi être décoloré chez les plants gravement atteints.

La plupart des cultivars utilisés dans les serres de nos jours sont résistants. Toutefois, plusieurs rapports signalent des cas en Ontario de flétrissure verticilienne affectant des cultivars de tomate de serre résistants. L'assainissement de la serre constitue le meilleur remède.

Pourriture fusarienne du collet et des racines (*Fusarium oxysporum* et sp. *radicis-lycopersici* [FORL])

Les plants atteints de cette maladie se flétrissent les jours ensoleillés, ont une tête mince, des feuilles flasques et des fleurs faibles. Les premiers symptômes se manifestent habituellement lorsque les plants sont chargés de fruits, au stade de développement de la 6e à la 8e grappes. Les racines sont brunes et on peut normalement observer des lésions brun chocolat à la base du plant et au niveau du sol. L'examen des tissus vasculaires (si l'on fend la base de la tige) révèle une teinte brun chocolat qui s'étend sur 5–25 cm au-dessus du niveau du sol (PLANCHE 19).

La plupart des cultivars de tomate modernes sont résistants à cette maladie. Cependant, certains bons cultivars ne le sont pas; il est souhaitable dans leur cas d'envisager de les greffer sur des porte-greffes résistants.

Moisissure grise (tache spectrale) (*Botrytis cinerea*)

Cette maladie fréquente frappe toutes les parties aériennes du plant et sévit dans les serres où les conditions environnementales et la conduite de la culture laissent à désirer. Les symptômes se manifestent sur la tige, la feuille, le fruit et la grappe après la cueillette, de même que sur les blessures ou coupures n'ayant pas cicatrisé convenablement.

Dans la plupart des cas, on peut observer facilement la lésion brune classique, souvent accompagnée de cercles et d'un feutre mycélien grisâtre (PLANCHE 20). Sur la tige, les premiers symptômes sont des lésions elliptiques gorgées d'eau où se forme par la suite une moisissure grisâtre. Les premiers symptômes sur les feuilles apparaissent là où les feuilles ont été endommagées. Ces dommages peuvent avoir été occasionnés par :

- les travailleurs;
- la guttation — sudation au pourtour ou à l'extrémité des feuilles habituellement lorsque l'humidité relative (HR) est élevée ou le déficit de tension de vapeur (DTV) est faible et que la pression dans les racines est forte; ou
- des conditions défavorables dans la serre.

Au fur et à mesure que la maladie progresse, il se forme un feutre mycélien gris qui couvre toute la feuille. Le terme « tache spectrale » sert à désigner les symptômes sur le fruit. Il s'agit de cercles clairs ayant un point brunâtre au centre (PLANCHE 21).

On réduit l'incidence de *Botrytis cinerea* en améliorant les pratiques culturales et les conditions environnementales dans la serre. *Botrytis cinerea* peut infecter la plante au début de son cycle biologique (dans la serre de démarrage ou peu après la transplantation) et ne présenter des symptômes qu'une fois le plant soumis à un stress. Normalement, les symptômes apparaissent avant la cueillette, soit 6–8 semaines après l'infection initiale. Voici les méthodes de lutte préconisées :

- amélioration des conditions environnementales dans la serre;
- augmentation du chauffage et de la ventilation pour prévenir la formation d'eau libre sur les tissus;
- abaissement de l'HR ou élévation du DTV;
- élévation de la conductivité électrique (CÉ);
- éclaircissage effectué en début de journée, afin de laisser le temps aux blessures de cicatriser avant la tombée du jour.

On peut couper les tissus des tiges infectés afin de prévenir l'encerclement des tiges par le champignon et la prolifération éventuelle des spores.

Moisissure olive (*Fulvia fulva*) (syn. *Cladosporium fulvum*)

Les premiers symptômes sont des taches floues vert jaunâtre sur le dessus des feuilles dans la partie moyenne inférieure de la plante. Ces taches sont accompagnées d'un feutre mycélien pourpre et duveteux sur le revers des feuilles. Ces symptômes ressemblent beaucoup à ceux d'une carence grave en magnésium et peuvent être confondus avec eux. Le feutre mycélien est toutefois absent du revers des feuilles dans le cas de la carence en

F2

magnésium. Sous des conditions humides, la moisissure olive se propage rapidement vers le haut du plant.

Les cultivars de tomate de serre actuellement utilisés sont résistants à ce pathogène. Il reste que le maintien de conditions environnementales idéales dans la serre est un bon moyen de prévenir certaines infections.

Blanc (*Erysiphie orontii*)

Voilà une maladie récente qui est maintenant assez fréquente en Ontario dans les cultures de tomates de serre. La maladie se déclare à des stades aussi précoces que le stade de plantule. Elle se manifeste par des taches jaunes sur le dessus des feuilles, doublées, sur le revers des feuilles, d'un feutre mycélien blanc poudreux. Dans les cas graves, les lésions se fondent pour créer un feutre mycélien blanc à la surface des feuilles et sur la tige (PLANCHES 22 et 23).

La maladie se propage très rapidement sous les conditions optimales pour la culture de la tomate. Dès son apparition, il est conseillé d'appliquer un traitement à la grandeur de l'exploitation afin de minimiser les problèmes à long terme (voir la section 13, *Pesticides homologués pour les légumes de serre*).

Maladies bactériennes de la tomate

Chancre bactérien (*Clavibacter michiganensis* ssp. *michiganensis*)

Il s'agit d'une maladie très contagieuse et très destructrice de la tomate de serre. Elle se manifeste d'abord par le flétrissement des feuilles supérieures, le flétrissement d'une des deux folioles, et des zones de tissus morts ou dépérissant sur les feuilles du bas (PLANCHE 24). Dans les stades plus avancés, le fruit peut prendre une couleur blanchâtre ou un aspect marbré, plutôt que la couleur habituelle du fruit se développant en serre sur un plant normal (PLANCHE 25). Souvent, le fruit malade tombe prématurément, surtout si le plant est fortement secoué. Des pustules ou lésions jaunâtres, à peine visibles, peuvent apparaître sur la surface des tiges et des feuilles. Elles renferment de grands nombres de bactéries qui sont facilement transportees par les travailleurs des plants malades vers les plants sains. Il est important de savoir identifier le chancre à un stade précoce et d'enlever les plants infectés avant de se retrouver avec une épidémie grave sur les bras.

L'isolement est la meilleure technique de lutte pour freiner la propagation de la maladie.

- Placer les plants infectés et les trois plants qui suivent de part et d'autre du rang dans des sacs à ordure et les jeter (les incinérer ou les enfouir).
- Veiller à ce que le personnel qui enlève les plants infectés se douchent et enfilent des vêtements propres avant de retourner dans la serre.
- Isoler les rangs d'où proviennent les plants qui ont été enlevés.
- Ne pas laisser le personnel pénétrer dans cette zone.
- Confier à une personne tout le travail à faire dans ce rang. Cette personne doit revêtir un survêtement de protection qu'elle doit porter exclusivement pour travailler dans le rang infecté.
- Faire le travail dans les rangs atteints en fin de journée, afin de minimiser les risques de propagation de la maladie.
- Identifier le matériel, notamment les chariots de cueillette et les caisses, devant servir spécifiquement pour les rangs infectés, ou désinfecter le matériel avant de l'apporter dans d'autres zones de la serre.

Assainir convenablement la serre à la fin du cycle cultural pour réduire les risques de réapparition de la maladie dans la nouvelle culture.

Pourriture bactérienne de la tige (*Erwinia* et *Pseudomonas* spp.)

Le premier symptôme est le flétrissement soudain de quelques plants de tomate, épars dans la serre. Ces plants ont des tiges creuses à environ 20–40 cm au-dessus du sol, qui dégagent une odeur fétide et peuvent être remplies de tissu en décomposition. Dans certains cas, les nœuds prennent une teinte brun chocolat. Les plants tendres à croissance vigoureuse et ceux qui se trouvent dans les rangées des gouttières et reçoivent des gouttes formées par la condensation sont souvent les premiers atteints. Les bactéries pénètrent

dans la plante à la faveur d'une plaie laissée par l'enlèvement d'un drageon, d'une feuille ou d'une grappe (PLANCHE 26).

Pour freiner cette maladie, on modifie l'environnement de la serre :

- en augmentant le DTV ou en abaissant l'HR;
- en ne laissant pas de condensation se former sur les plants;
- en modifiant la vigueur de la croissance par une CÉ plus élevée, des arrosages moins abondants et/ou l'application d'un engrais pauvre en azote;
- en gardant les plants secs.

Cette maladie se voit dans les cultures soumises à une conduite et à un environnement déficients. Elle ne constitue pas un problème de taille dans les serres de l'Ontario.

Maladies virales de la tomate

Virus de la mosaïque de la tomate

Le virus de la mosaïque de la tomate et le virus de la mosaïque du tabac constituaient une menace constante dans les serres de l'Ontario jusqu'à l'avènement des cultivars résistants. Ces maladies se propagent très facilement et sont difficiles à maîtriser. Le premier symptôme est une marbrure de pâle à sombre sur le dessus des feuilles ainsi qu'une tige supérieure légèrement éclaircie et parfois flétrie. Les plants infectés sont faibles et la fructification est réduite. Il y a de nombreuses souches de la mosaïque. Les souches bénignes peuvent ne causer qu'une légère réduction de rendement, tandis que les souches malignes peuvent détruire les plants. Ce sont surtout les pucerons, mais aussi les travailleurs qui sont responsables de la transmission de la maladie des plants infectés aux plants sains. Le virus peut persister plusieurs mois sur des vêtements sales tachés de sève.

La plupart des cultivars récents de tomates de serre sont résistants à cette maladie.

Mosaïque en lacet (*virus de la mosaïque du concombre*)

Ce virus produit des feuilles marbrées, étroites et fileuses dans la partie supérieure du plant de tomate. L'infection est fréquente lorsque les pucerons et autres insectes entrent dans la serre et apportent ce virus des cultures de concombre ou de melon produites à l'extérieur ou d'un certain nombre d'espèces de mauvaises herbes connues comme étant des vecteurs asymptomatiques. Les plants infectés peuvent ne pas mourir, mais ils produisent rarement une culture commercialisable.

Retirer les plants infectés afin de minimiser les risques de voir la maladie se propager davantage, et maîtriser les ennemis des cultures.

Affections non parasitaires de la tomate

Pourriture apicale

Cette affection se manifeste souvent comme une zone ferme, sèche, déprimée et décolorée (teintée de brun ou de noir) à l'extrémité apicale ou tout près de celle-ci. Son diamètre peut être légèrement inférieur à 0,5 cm ou assez gros pour couvrir plus de la moitié du fruit atteint. La pourriture apicale est causée par un transport déficient du calcium vers l'extrémité distale du fruit, qui se traduit par une piètre intégrité des cellules et leur détérioration. Voici les causes possibles de la carence en calcium :

- apport insuffisant de calcium;
- CÉ élevée (bloque ou diminue l'absorption d'eau);
- manque d'humidité dans le substrat et stratégies d'arrosage erratiques;
- croissance végétative excessive (majorité du calcium déplacée vers les feuilles);
- changement radical dans la fructification entraînant une demande de calcium supérieure à l'apport de calcium fourni aux tissus atteints;
- DTV élevé (ou faible HR) entraînant une transpiration excessive et une diminution du mouvement de l'eau (et du mouvement du calcium) vers le fruit;
- système racinaire peu efficace en raison de l'absence d'aération, d'où une diminution de l'absorption de l'eau et du calcium (PLANCHE 27).

Maturation inégale

La maturation inégale se manifeste par certaines zones de la surface de la tomate qui restent vertes ou vert jaunâtre, tandis que d'autres produisent leur couleur normale. Certaines causes connues de la maturation inégale sont de faibles taux de fertilité, une faible concentration de potassium, le surpeuplement, une température excessive à la surface du fruit, les virus de la mosaïque et d'autres virus (PLANCHE 28).

Dommages causés par le 2,4-D

Cet herbicide a été utilisé pendant de nombreuses années pour lutter contre les mauvaises herbes dans les grandes cultures et les pelouses. À l'occasion, les cultures de tomates de serre sont endommagées par la dérive du brouillard de 2,4-D ou par l'utilisation de pulvérisateurs contaminés au 2,4-D. Les symptômes sur les plants s'apparentent souvent à ceux qui sont causés par la mosaïque en lacet et/ou d'autres virus, qui donnent des feuilles fileuses, déformées et liégeuses, une floraison réduite et des fruits difformes.

Face de chat

Cette affection survient pendant les périodes où les températures dans la serre ne sont pas maintenues à un niveau convenable pour une fructification normale. Les fruits deviennent alors difformes et présentent des protubérances irrégulières à l'extrémité apicale. Des stries et des bandes de tissu écailleux, vert foncé se trouvent souvent à l'extrémité apicale ou sur les côtés de la tomate.

Bouffissure

La bouffissure peut être causée par une pollinisation inadéquate ou une fertilisation incomplète et/ou par un manque de lumière. Souvent, seulement une ou deux tomates par grappe sont atteintes. Les fruits sur les grappes ultérieures peuvent ne pas présenter cette affection si les conditions environnementales s'améliorent.

Carences nutritives et toxicité

Un déséquilibre des éléments nutritifs à l'intérieur des plants de tomate peut provoquer divers symptômes foliaires qui s'apparentent à des symptômes de maladies. La carence en magnésium est la plus courante; les feuilles plus vieilles pâlissent entre les nervures, surtout lorsque la charge fruitière est forte (PLANCHE 29). Heureusement, les tomates de serre peuvent supporter jusqu'à un certain point une carence en magnésium sans subir de pertes de rendement significatives.

De faibles concentrations de calcium provoquent la pourriture apicale comme on l'a vu plus haut (voir p. 78). La carence en potassium est responsable de la chlorose du pourtour des jeunes feuilles dans la partie supérieure du feuillage, et de la maturation inégale (PLANCHE 30). On peut aussi observer une carence en fer, laquelle se manifeste par l'aspect bigarré de vert pâle à jaune citron que prennent les feuilles dans la partie supérieure du feuillage (PLANCHES 31 et 32). Si la carence est grave, elle provoque l'éclaircissage des tiges supérieures et une réduction de la fructification dans les inflorescences supérieures. Une carence en manganèse donne des symptômes qui s'apparentent à ceux d'une carence en fer. Le symptôme le plus courant de toxicité du manganèse est le noircissement des nervures principales des feuilles plus jeunes, ainsi que le brunissement et la destruction des tissus foliaires adjacents. Le jaunissement de la feuille distale et le noircissement de la nervure principale sont le résultat d'une carence en bore (PLANCHE 33).

Fendillement

Cette affection se manifeste chez certains cultivars de tomate et peut être un problème, car la qualité du fruit peut en souffrir. Le fendillement se caractérise par des fissures minuscules, de la grosseur d'un cheveu, sur les épaules de la tomate. Si le fendillement est peu accentué, les fissures sont visibles sous une lumière indirecte, mais dans les cas graves, elles se voient facilement. Le fendillement peut se manifester sur les fruits verts non parvenus à maturité et aussi sur les fruits mûrs (PLANCHE 34). Chez les spécimens gravement atteints, l'épaule conserve une teinte vert-gris, tandis que le reste de la tomate mûrit normalement (PLANCHE 35).

On attribue l'apparition des fissures au fait que le fruit prendrait de l'expansion trop rapidement par rapport à la capacité de la peau à s'étendre. Il faut donc essayer de choisir un cultivar moins vulnérable au fendillement mais offrant quand même, entre autres, un fruit de bon calibre et de bonnes habitudes de croissance.

Voici les techniques qui contribuent à minimiser le fendillement : gestion adéquate des arrosages, équilibre de la plante, calendrier de fertilisation et gestion des conditions climatiques dans la serre.

Concombre

Maladies cryptogamiques du concombre

Pourriture noire des racines (*Phomopsis sclerotioides*)

Cette maladie est assez fréquente dans les cultures de concombre faites sur le sol, là où le sol n'a pas été stérilisé ou pasteurisé. Même si l'incidence de la maladie a diminué avec l'intensification de la culture sur laine de

est déficiente, surtout au démarrage des plants, puisque la contamination par du sol infecté risque alors se produire plus facilement.

Les plants infectés présentent des feuilles flétries qui se remettent la nuit. Au fur et à mesure que la maladie progresse, les plants récupèrent de moins en moins, ce qui conduit à des têtes plus faibles, à une mauvaise fructification, à un flétrissement permanent et tôt ou tard à la mort du plant. Ce type d'infection s'accompagne normalement d'autres pathogènes. Si l'on observe à la loupe les racines atteintes, on peut voir des zones rectangulaires noircies qui font penser à un échiquier.

On combat l'infection essentiellement par la pasteurisation du substrat et une bonne hygiène.

Fonte des semis précoce et fonte des semis tardive (*Pythium* et *Rhizoctonia*)

Les symptômes de la fonte des semis précoce et de la fonte des semis tardive s'apparentent à ceux qu'on observe chez la tomate (voir p. 75). Les mêmes organismes s'attaquent aux racines des plants de concombre à maturité dans la culture sur laine de roche — surtout si les conditions dans la zone racinaire ne sont pas bien gérées. Il en résulte un flétrissement des feuilles dans la partie supérieure du feuillage durant le jour (plus accentué les jours ensoleillés), qui disparaît la nuit. Toutefois, la maladie finit par faire mourir les plants. Les plants atteints affichent également des lésions brun-orangé à leur base, qui peuvent s'étendre sur 10 cm le long de la tige. Les racines sont gravement atteintes; elles sont brunes et cassent facilement.

Une bonne gestion de l'eau est la meilleure stratégie pour minimiser les problèmes causés par *Pythium* chez les plants de concombre parvenus à maturité. L'arrosage excessif et la mauvaise aération du sol sont les deux causes principales des infections par *Pythium* dans les cultures de concombre. Des températures inadéquates dans la zone racinaire (trop basses ou trop hautes) favorisent également ce type d'infections. Il faut éviter d'arroser avec de l'eau (provenant d'un puits ou d'une crique) pouvant être contaminée par du sol. Cette eau doit être désinfectée avant d'être utilisée.

Moisissure grise (*Botrytis cinerea*)

Botrytis cinerea s'attaque aux feuilles, aux fruits et à la partie supérieure de la tige des plants de concombre. Ce type d'infection est le résultat d'une mauvaise conduite de la culture et d'une régulation inadéquate du climat dans la serre. Les symptômes habituels de la moisissure grise (lésions brunes et feutre mycélien gris) s'observent aux endroits où le plant est endommagé (nœuds, pédoncules, feuilles brisées) et dans les cas graves, sur les fleurs et l'extrémité du fruit (PLANCHE 36).

La chaleur et la ventilation ainsi que la taille convenable des tiges et des pédoncules (coupe franche sans pourtour rogné) sont les meilleurs moyens de minimiser l'incidence de *Botrytis cinerea*.

Pourriture gommeuse de la tige (*Didymella bryoniae*)

Il s'agit d'une maladie courante du concombre de serre, qu'on retrouve dans la plupart des exploitations. Elle est néanmoins facile à combattre au moyen de pratiques culturales et de conditions environnementales convenables. La maladie s'attaque aux tiges, aux feuilles, aux fleurs et aux fruits. Les symptômes rappellent ceux de *Botrytis*, à la différence qu'on peut apercevoir à la loupe sur la tige des picots noirs qui sont en fait les organes de fructification du champignon. Les lésions sur la tige peuvent aussi exsuder des cristaux clairs allant du ocre au jaune. Sur les feuilles, on voit apparaître des lésions nécrosées brun jaunâtre en forme de « V ». Habituellement, l'extérieur du fruit ne présente aucun signe visible de blessure, si ce n'est que l'extrémité apicale des fruits infectés a tendance à être pointue. Une coupe longitudinale du fruit infecté révèle une tache jaune brunâtre au centre du fruit (PLANCHES 37 et 38).

Le pathogène peut survivre jusqu'à 2 ans au stade dormant dans les débris de végétaux non décomposés, qui constituent une source d'inoculum. Le pathogène responsable de la pourriture gommeuse de la tige a besoin d'une lésion pour pénétrer dans la plante et causer des dommages. Sous des conditions idéales, il suffit que les feuilles restent mouillées pendant 1 heure pour que l'infection se produise. Les symptômes peuvent mettre 3–10 jours pour se manifester. Il s'agit soit de couper les parties infectées de la tige, soit de se débarrasser des plants infectés. On minimise l'infection en réglant les conditions environnementales de manière à éliminer la formation d'eau libre sur les plants. Faire des coupes franches au niveau des nœuds, des

pédoncules et autres, afin de favoriser la cicatrisation rapide.

Pourriture pénicillienne de la tige (*Penicillium oxalicum*)

Cette maladie, d'apparition relativement récente dans les serres de concombres de l'Ontario, a causé de lourdes pertes dans certaines exploitations. Les symptômes rappellent ceux de la moisissure grise et de la pourriture gommeuse de la tige, mais se distinguent de ceux-ci par le duvet gris-bleu normalement visible sur les lésions. Ces lésions peuvent apparaître partout le long de la tige, mais sont plus fréquentes à la base du plant (10–15 cm au-dessus du bloc) et/ou à 1,0–1,5 m au-dessus du sol.

La maladie s'attaque habituellement à un nœud coupé. Les tissus infectés peuvent s'étendre sur 10–15 cm au-dessus et en dessous du nœud infecté. La pourriture étendue des tissus internes entraîne la mort du plant au-dessus du point d'infection. Retirer le tissu infecté jusqu'à 1–2 nœuds sous le nœud infecté afin de permettre à un nouveau rejet de se développer (PLANCHE 39). Cette intervention risque d'entraîner une diminution du rendement.

Les pratiques culturales, surtout au démarrage des plants, sont cruciales si l'on veut minimiser ou éliminer l'incidence de la maladie. Faire pousser les plants sous une forte lumière, un faible taux d'HR ou un DTV élevé (0,6–0,8 kPa); fournir à la culture une solution nutritive ayant une CÉ élevée et maintenir le substrat plutôt sec que mouillé. Régler les conditions environnementales dans la serre de manière à minimiser ou à éliminer la formation d'eau libre sur les plants et à maintenir un DTV élevé (0,6–0,8 kPa). Tailler avec un couteau tranchant en prenant soin de le désinfecter souvent pour minimiser les risques de propagation de la maladie.

Taches foliaires

Plusieurs champignons aérogènes, dont des espèces appartenant aux genres *Alternaria* et *Colletotrichum* (anthracnose) peuvent provoquer la formation de zones circulaires de tissu nécrosé sur les feuilles de concombre (PLANCHE 40). Dans les cas graves, les taches grossissent, se fondent et détruisent toute la surface de la feuille. Les champignons responsables du mildiou causent des taches semblables, souvent dans les cultures semées en août et septembre. Le mildiou, toutefois, s'attaque habituellement aux faces inférieures des feuilles et peut être identifié par le feutre mycélien pourpre qu'il produit.

Les taches foliaires mentionnées ci-dessus sont toutes plus graves dans les zones de la serre où la circulation d'air est mauvaise et l'humidité, élevée. Les cultures d'automne sont plus sujettes aux attaques, surtout si des nuits fraîches provoquant de la transpiration sont suivies de jours doux et humides.

Oïdium (blanc) des cucurbitacées (*Sphaerotheca fuliginea*)

Cette maladie est la plus fréquente et la plus grave qui affecte les concombres de serre en Ontario. Tous les producteurs de concombres de serre de l'Ontario sont confrontés à l'oïdium des cucurbitacées au cours du cycle de production. Les premiers symptômes sont de petites taches blanches duveteuses qui apparaissent sur le dessus des feuilles. Ces taches s'étendent rapidement et se communiquent à d'autres feuilles; elles peuvent couvrir rapidement toute la feuille et même la tige et le fruit dans les cas graves (PLANCHE 41).

Des conditions sèches dans la serre ont tendance à promouvoir la propagation de la maladie par la sporulation, tandis que la présence d'eau libre sur les surfaces foliaires augmente le taux d'infection.

Il est difficile d'utiliser des produits chimiques pour maîtriser l'oïdium puisque la maladie développe rapidement une résistance à ces produits. La lutte repose donc en partie sur l'utilisation de cultivars tolérant l'oïdium. L'application d'eau sur les surfaces foliaires, pour laver littéralement les feuilles, contribue à diminuer l'incidence de la maladie, mais peut par contre favoriser d'autres maladies cryptogamiques, notamment la pourriture gommeuse de la tige et les infections par *Botrytis*. On ne doit donc recourir à ce procédé que lorsqu'un assèchement rapide du feuillage est possible.

Mildiou (*Pseudoperenospora cubensis*)

Le mildiou est un problème fréquent dans les cultures de concombre d'automne et sévit dans les serres soumises à une mauvaise ventilation. Les symptômes sont des zones anguleuses vert pâle, qui sont bordées par

les nervures des feuilles et qui virent au jaune. Un duvet violacé peut être aperçu sur le revers des feuilles.

Régler les conditions climatiques dans la serre de manière à augmenter la circulation d'air dans la serre et à minimiser la formation d'eau libre sur les surfaces des plants.

Pourriture fusarienne des racines et des tiges de concombre (*Fusarium oxysporum* f. sp. *radius-cucumerinum*)

Il s'agit d'une maladie relativement nouvelle dans les serres de l'Ontario. Les feuilles dans le haut du plant se flétrissent et la vigueur du plant décline. La base de la tige est marbrée de teintes pâles de rose et d'ocre sur une longueur de 20–30 cm. Ces taches encerclent parfois toute la tige. Les tissus sous-jacents sont mous et dégagent une légère odeur (PLANCHE 42). Les plants touchés ont des racines qui vont du brun au noir. L'extrémité des racines est touchée en premier.

Le champignon peut coloniser les blocs de laine de roche. L'hygiène de la serre est de toute première importance pour minimiser les infections. On peut éviter des infections graves en prenant les mêmes précautions qui s'appliquent à la prévention du chancre bactérien dans les tomates (voir p. 77).

Maladies bactériennes du concombre

Flétrissure bactérienne (*Erwinia trachilphila*)

Cette maladie se caractérise par l'effondrement soudain du plant entier, parfois précédé du flétrissement d'une ou de plusieurs feuilles. Les plants ne s'en remettent pas. Les chrysomèles rayée et maculée du concombre sont les principaux vecteurs de cette maladie. Les bactéries vivent dans les chrysomèles et infectent le plant au moment où celles-ci s'en nourrissent. Lorsqu'elle pénètre dans le plant, la bactérie se reproduit rapidement dans les tissus vasculaires, produisant une substance gommeuse qui tôt ou tard bloque le tissu vasculaire, ce qui provoque l'effondrement du plant.

La lutte contre la flétrissure bactérienne passe par la lutte contre les chrysomèles du concombre et oblige à traiter la végétation hors de la serre et à isoler les plants infectés. Il est également utile de poser des moustiquaires sur les orifices de ventilation pour empêcher les chrysomèles d'entrer dans la serre.

Maladies virales du concombre

Virus de la mosaïque du concombre

En Ontario, ce virus est fréquent dans les cultures de concombre en serres. Sa présence est habituellement associée à une infestation par les pucerons (surtout dans les cultures d'automne). Le virus possède un vaste éventail d'hôtes et les pucerons en sont l'un des principaux vecteurs. Les feuilles et les fruits infectés présentent une marbrure vert pâle et vert foncé et le plant a tendance à perdre de sa vigueur (croissance grêle et filiforme, fleurs faibles et avortement des fruits nouvellement formés). Le plant finit par mourir (PLANCHES 43 et 44). Il peut aussi se produire un flétrissement soudain de tout le plant qu'on attribue aux effets combinés du virus et de *Pythium*.

Pour maîtriser l'infection, on doit éliminer ou minimiser la source d'inoculum (hôtes de remplacement) à proximité de la serre. On doit aussi poser des moustiquaires sur les orifices de ventilation afin de prévenir toute invasion par les pucerons ou pulvériser les abords de serre pour diminuer les populations de pucerons.

Virus de la pseudo-jaunisse

Ce virus est propagé par l'aleurode des serres. Les symptômes sont le jaunissement chlorotique qui apparaît entre les nervures des feuilles plus vieilles et l'apparition de taches jaunes entre les nervures des feuilles intermédiaires (PLANCHE 45). Les feuilles supérieures peuvent rester intactes durant les premiers stades. Les plants atteints deviennent moins productifs.

Virus de la mosaïque du melon d'eau

Les symptômes comprennent la distorsion des pousses terminales, l'apparition de cloques entre les nervures des feuilles plus vieilles et une distorsion grave et des cloques sur les fruits en développement. Les sources de l'infection ne sont pas entièrement identifiées, mais d'autres plantes (comme la luzerne et certaines espèces de mauvaises herbes) sont sujettes à abriter le virus. Celui-ci est aussi transmissible par les pucerons.

Affections non parasitaires du concombre

Carences nutritionnelles et toxicité

Une carence en un ou plusieurs des macro-éléments ou des oligo-éléments nécessaires à la croissance des plants

peut produire des symptômes qui s'apparentent à ceux de maladies. L'une des carences les plus fréquentes est la carence en magnésium, qui se caractérise par la formation sur certains cultivars de concombre de zones d'une teinte vert plus pâle dans la portion médiane du plant. Ce symptôme est plus prononcé sur les feuilles plus vielles et ayant fini leur développement. Les feuilles plus jeunes près du sommet des plants et sur les rejets conservent leur couleur verte normale. Même si les symptômes peuvent être inquiétants, surtout pour le nouveau producteur, les carences en magnésium sont rarement graves.

La carence en calcium est un problème fréquent dans les cultures de concombre, surtout pendant les stades de croissance rapide des jeunes plants (PLANCHE 46). Les feuilles au sommet du plant sont arrondies et s'enroulent vers le bas. Elles peuvent avoir des pourtours jaune-brun.[1] Pour minimiser ce problème, augmenter les apports de calcium dans les premiers stades du cycle de croissance.

À l'occasion, des carences en un ou plusieurs oligo-éléments peuvent se produire, surtout lorsque les plants sont cultivés dans de la laine de roche ou un autre substrat artificiel. Si la solution nutritive ne renferme pas des quantités convenables d'oligo-éléments, on peut s'attendre à une carence en fer (PLANCHES 47 et 48). Une carence en manganèse se produit aussi parfois.

Des symptômes de toxicité peuvent également se manifester en présence de concentrations excessives de l'un ou de plusieurs des macro-éléments ou des oligo-éléments. Les cas de toxicité graves entraînent habituellement la brûlure du tissu foliaire. Si l'on soupçonne une carence ou une toxicité, on doit faire analyser des échantillons de feuilles. Des dommages peuvent aussi être causés par des fongicides.

Poivron

Maladies cryptogamiques du poivron

Les maladies les plus fréquentes qui se déclarent dans les serres, soit celles qui sont causées par *Pythium* et *Botrytis* (PLANCHE 49), peuvent s'attaquer aux poivrons de la même façon qu'aux tomates et aux concombres, et peuvent se manifester par des symptômes similaires.

1. Dans les cas graves, le point de croissance meurt.

Toutefois, les maladies suivantes sont propres aux poivrons et peuvent être problématiques dans les cultures des poivrons en serre.

Pourriture fusarienne de la tige et du fruit (*Fusarium solani*)

Cette maladie peut causer de lourdes pertes économiques dans les poivrons de serre si l'on n'intervient pas. Les premiers symptômes sont un manque de vigueur, un flétrisssement partiel des feuilles dans la partie supérieure du plant les jours ensoleillés, suivi d'une récupération lente. Des lésions déprimées brun foncé sont visibles sur les tiges aux nœuds (PLANCHES 50 et 51). Le fruit a une épaule retombante, présente des stries longitudinales pâles ou brunes et une pourriture sous le calice.

Oïdium ou blanc (*Leveillula taurica*)

Cette maladie a été vue récemment en Ontario et semble être en voie de devenir un problème grave. Les premiers symptômes sont des zones marbrées jaunes et vert pâle sur le dessus des feuilles, suivies de l'apparition d'un feutre mycélien poudreux et blanc sur la face inférieure des feuilles. On emploie pour la combattre des mesures de lutte semblables à celles qui sont utilisées contre le blanc dans les cultures de tomate et de concombre (PLANCHE 52).

Affections non parasitaires du poivron

Pied d'éléphant (« Elephant's Foot »)

Le nom de la maladie décrit bien les symptômes. La base de la tige au point d'entrée dans le substrat est élargie et les tissus externes pèlent, révélant une pourriture molle brun foncé. Les plants atteints manquent de vigueur et sont plus sensibles à des maladies comme *Botrytis* et la pourriture de la tige. Les sciarides sont aussi attirés par les tissus en décomposition et peuvent augmenter l'incidence de *Pythium* (PLANCHE 16).

Cette affection est fréquente sur les plants qui ont été exposés à des conditions « douces » dans la serre de démarrage.

Pourriture apicale

Cette affection se manifeste à l'extrémité apicale du fruit, de même que sur les côtés près de l'extrémité apicale (PLANCHE 53). Une zone grise, gorgée d'eau est l'indice de dommages à venir. Cette zone devient

renfoncée et prend une teinte ocre ou grise. On traite cette affection comme il est indiqué pour les tomates.

Insolation

Cette affection peut être facilement confondue avec la pourriture apicale, car les symptômes sont très semblables. Habituellement, les symptômes d'insolation sont visibles sur les parois du fruit et se caractérisent par un cerne particulier entourant une zone déprimée qui est sèche et va du jaune au ocre (PLANCHE 14). L'insolation frappe les jeunes fruits directement exposés aux rayons du soleil. Pour atténuer le problème, il faut accroître la surface foliaire pour protéger le fruit et utiliser des écrans d'ombrage (si possible) ou enduire le toit extérieur de la serre de lait de chaux. L'insolation est attribuable à un couvert de feuillage insuffisant qui laisse les rayons du soleil atteindre la surface du fruit (PLANCHE 15).

Fendillement et fruits de forme allongée

La croissance interne du fruit et des arrosages irréguliers peuvent provoquer le fendillement du fruit. Des régimes de basse température peuvent donner des fruits de forme allongée, réduisant ainsi leur qualité marchande (PLANCHES 54 et 55).

Carences nutritionnelles et toxicité

Les plants de poivron pussent lentement et mettent un bon moment à afficher des symptômes de carences nutritionnelles. Il leur faut aussi le même temps pour se remettre une fois les mesures correctives mises en place. Il est important que tous les éléments nutritifs nécessaires fassent en tout temps partie du programme de fertilisation. Les PLANCHES 56 et 57 montrent ce qui se produit lorsque le programme de fertilisation est pauvre en certains éléments nutritifs.

Laitue

Maladies cryptogamiques de la laitue

Les infections par *Botrytis* et le mildiou sont deux des maladies les plus fréquentes dans les cultures de laitue. La régulation du climat dans la serre est le principal moyen de combattre et de maîtriser ces maladies.

Infections causées par *Pythium*

Ce type d'infection peut se voir dans les cultures sur film nutritif si le système n'est pas convenablement conçu ou géré (vitesse d'écoulement, température de la solution, aération) et si les plants sont soumis à un stress trop grand. Les plants atteints se flétrissent et ont des racines brunes qui cèdent au toucher. La maladie peut se propager rapidement dans toute la serre. Les lampes UV employées pour désinfecter la solution nutritive donnent de bons résultats.

Affections physiologiques

Brûlure de la pointe

Cette affection est fréquente dans les cultures de laitue en serre. Les symptômes habituels sont le brunissement des pourtours et de l'extrémité des jeunes feuilles. Dans les cas graves, les marques brunes se fondent et révèlent alors une brûlure sévère de la pointe. L'extrémité des feuilles de laitue brûle à cause d'une mauvaise diffusion du calcium dans les feuilles en développement. Tous les facteurs pouvant avoir une influence positive sur la diffusion du calcium minimisent la brûlure de la pointe dans la laitue. Une transpiration accrue favorise la diffusion du calcium vers la pointe des feuilles, et diminue les symptômes visuels. Voici comment accroître la transpiration :

- par la ventilation;
- par une augmentation de la circulation d'air autour de la surface foliaire à l'aide de ventilateurs poussant l'air à l'horizontale ou d'agitateurs;
- par le maintien d'un DTV légèrement plus élevé ou d'une HR plus basse.

Une fois que les symptômes de brûlure de la feuille se manifestent, ils ne disparaissent pas et ne peuvent être masqués ni par des pulvérisations ni d'aucune autre façon. La prévention reste donc la clé de la lutte contre la brûlure de la feuille.

Taches de rouille (« Russet Spot »)

Il s'agit d'un problème courant qui se manifeste sur la laitue entreposée, durant l'expédition et la manutention. Des taches brun ocre apparaissent sur les nervures de la laitue et, dans les cas graves, peuvent se fondre et enlever tout attrait au produit. Cette affection est attribuable à une température trop basse dans l'entrepôt qui donne lieu à des dommages causés par le froid. On l'attribue aussi parfois à la présence d'éthylène dans les installations d'entreposage.

11. Lutte intégrée

Lutte intégrée contre les ennemis des cultures légumières en serre

La lutte intégrée est une philosophie de lutte antiparasitaire qui vise à mettre en œuvre toutes les stratégies de lutte disponibles dans le but de maintenir les populations d'insectes et d'acariens nuisibles ou d'agents phytopathogènes sous le seuil de nuisibilité. La lutte intégrée ne préconise pas « l'éradication » des ennemis des cultures par l'emploi continu de pesticides, mais cherche plutôt à promouvoir l'intégration des stratégies de lutte culturale, physique, biologique et chimique.

La pulvérisation systématique, ou traitement dit « d'assurance », n'est plus à même de fournir une maîtrise efficace car cette pratique a engendré de nombreux problèmes dans les années passées, dont la résistance, des répercussions environnementales et des dangers pour la santé et la sécurité des humains.

Résistance

Les insectes peuvent développer une résistance à tout produit de lutte synthétique. Pour mettre au point de nouveaux pesticides, il faut beaucoup de temps et de ressources, c'est pourquoi il devient impératif d'apprendre à utiliser les pesticides encore disponibles avec circonspection et de façon plus efficace afin de prolonger leur durée de vie utile. S'ils sont mal utilisés, les pesticides cessent d'être efficaces en moins de temps qu'il n'en faut aux chercheurs pour en créer de nouveaux.

Répercussions environnementales

Nos préoccupations envers la pollution environnementale et la contamination des nappes phréatiques devraient nous amener à considérer les façons de réduire l'usage des pesticides ou la fréquence des utilisations incorrectes.

Dangers pour la santé et la sécurité de l'utilisateur

Le risque de contact des utilisateurs et des ouvriers agricoles avec des pesticides et leurs résidus dans la serre fait ressortir le besoin d'examiner objectivement leur fréquence d'utilisation et la sécurité de l'utilisateur durant le traitement.

Dépistage

Un dépistage soigné est considéré comme un moyen d'obtenir l'information nécessaire à la bonne gestion du programme de lutte. Les pièges encollés et l'inspection visuelle des cultures constituent les deux principales techniques de dépistage.

Pièges encollés

Les pièges jaunes encollés (plaquettes ou rubans) constituent la technique de dépistage la plus communément utilisée dans les serres pour recueillir de nombreuses espèces d'insectes volants. Ils se prêtent particulièrement bien au dépistage des aleurodes, des thrips, des mineuses, des sciarides et des pucerons ailés au stade adulte. Il est intéressant de savoir que les pièges bleus se sont montrés particulièrement attirants pour les thrips des petits fruits. Toutefois, si l'on a affaire à un large éventail d'insectes nuisibles, les pièges jaunes sont préférables.

Lorsqu'on utilise des plaquettes encollées, il convient de s'assurer que toute la superficie est pourvue d'un nombre suffisant de pièges. Pour ce faire, utiliser une plaquette tous les 100–200 m^2. Il sera peut-être nécessaire d'en augmenter ou d'en diminuer le nombre selon la taille de l'exploitation, le temps de l'année ou d'autres aspects pratiques liés au dépistage. Il faut renouveler ces pièges avant qu'ils ne soient trop recouverts d'insectes pour permettre un relevé hebdomadaire.

Inspection visuelle

L'inspection visuelle des cultures est une autre excellente méthode de dépistage trop souvent négligée. Cette inspection est indispensable pour le dépistage des maladies ou des acariens, des pucerons aptères ou des stades immatures des aleurodes et des mineuses. Un modèle d'échantillonnage constant devrait être adopté afin de bien couvrir toute la serre, y compris les aires d'entrée et les zones menacées. Une fois encore, il ne faut pas oublier que les relevés hebdomadaires s'imposent.

Une détection précoce facilite la maîtrise des maladies et des ravageurs sédentaires (comme les pucerons et les acariens). Il suffit alors parfois d'une simple pulvérisation localisée pour remédier au problème.

Pour que le dépistage soit efficace, il faut relever à intervalles réguliers les renseignements suivants :

- date;
- espèces ou cultivars en culture;
- identité de l'ennemi;
- localisation de l'ennemi dans la serre;
- nombre d'insectes piégés;
- stade de développement (adulte, pupe, etc.);
- maladies présentes ou soupçonnées;
- moyen de lutte (pesticide employé, dose, surface traitée, temps de pulvérisation, etc.).

Lutte culturale

Hygiène

L'hygiène est la première composante de tout programme de lutte antiparasitaire. Une hygiène déficiente, qui n'élimine pas tous les points d'infection ou d'infestation, rend le programme de lutte coûteux et vain. Une bonne hygiène est nécessaire à toutes les étapes de la production, dans la serre, dans les structures avoisinantes (p. ex., chaufferie) et aux abords de la serre.

L'hygiène de la serre demande des efforts constants, à longueur d'année. La propreté seule ne suffit pas à maîtriser les ennemis des cultures, mais elle constitue la fondation de tout programme de lutte antiparasitaire. Il importe de respecter les règles suivantes :

- enlever les fleurs et les feuilles mortes et fanées;
- mettre les déchets de culture bien à l'écart de la serre et en aval des vents dominants, pour être éliminés ou compostés;
- il est préférable de brûler les déchets conformément à la réglementation locale; à défaut de quoi, on peut les ensacher et les mettre au rebut;
- débarrasser la serre et ses abords de toutes les mauvaises herbes;
- garder les allées propres;
- lorsque de nouveaux stocks sont introduits dans la serre, les examiner pour y déceler toute infestation parasitaire;
- éviter d'hiverner des plants du potager ou de la maison dans la serre. Ceux-ci peuvent servir d'abri aux ravageurs qui envahiront alors précocement la culture suivante;
- s'assurer d'un bon drainage pour éviter les flaques d'eau et les surfaces mouillées propices à la prolifération des sciarides et des éphydridés ainsi qu'à d'éventuelles infections par des maladies;
- le traitement par la chaleur peut s'avérer un excellent moyen d'enrayer les infestations quand la serre est vide entre les cultures. On vient à bout des insectes et des acariens nuisibles en maintenant la température au-delà de 40 °C et l'humidité en deçà de 50 % pendant 3–4 jours. Cette méthode convient particulièrement bien aux mois d'été lorsque la simple fermeture des orifices de ventilation permet d'atteindre les températures souhaitées. ***Nota : Des températures excessives peuvent provoquer la déformation des raccords de plastique.***
- pour empêcher les organismes pathogènes d'envahir les structures vides, les tuyaux de chauffage, les allées, les tables ou le matériel, pulvériser l'un des produits suivants :
  - — une solution renfermant 0,5–1 % d'hypochlorite de sodium, qu'on obtient en mélangeant 1 partie d'eau de Javel domestique et 9 parties d'eau;
  - — du Floralife D.C.D., ou du Chemprocide, un composé d'ammonium quaternaire ayant une double action fongicide et bactéricide;
  - — du Virkon, un désinfectant à action fongicide, bactéricide et virucide.

- Voir aussi la fiche technique du MAAARO, *Mesures d'hygiène recommandées pour combattre les insectes et les acariens chez les légumes de serre*, commande n° 94-030.

Facteurs environnementaux

Les facteurs du milieu comme la lumière, la température, l'humidité, l'eau et les éléments nutritifs peuvent affecter non seulement les plantes, mais également les insectes qui s'en nourrissent. Utiliser les facteurs environnementaux pour combattre les ravageurs reste une tâche complexe en raison des effets simultanés sur les cultures. Il n'existe pas de solution simple et l'on doit étudier chaque cas individuellement. Par exemple, l'humidité peut jouer un rôle important dans l'apparition des ennemis des cultures et des maladies.

- Les tétranyques préfèrent un milieu sec et chaud, de sorte que l'accroissement du taux d'humidité par l'utilisation d'un dispositif à brumisation, par exemple, peut aider à retarder le développement de ce ravageur.

- Durant les mois d'hiver, les thrips sont peu mobiles et l'on pense que cela est davantage attribuable à la faible luminosité qu'à la basse température. Il faut donc être vigilant car les thrips peuvent se trouver dans la serre et ravager intensément la culture même s'ils sont absents des plaquettes jaunes encollées.

- Du fait de l'influence de l'humidité de l'air sur le développement de maladies comme le blanc et les infections par *Botrytis*, la lutte par les facteurs environnementaux ne peut qu'atténuer ces problèmes.

Lutte contre les mauvaises herbes

La lutte contre les mauvaises herbes à l'extérieur et à l'intérieur de la serre est l'une des facettes importantes de tout programme de lutte antiparasitaire. Les mauvaises herbes peuvent servir de refuge aux insectes nuisibles et de réservoir pour les maladies. L'entretien assidu d'une lisière de gazon d'une largeur de 10 m autour des serres et entre elles diminuera les risques d'invasion par des insectes et des maladies provenant de l'extérieur. Il est possible par exemple de planter de la fétuque aux abords de la serre car il s'agit de l'une des graminées les moins attirantes pour les thrips des petits fruits.

L'application d'herbicide, le binage et le désherbage manuel demeurent toujours les méthodes les plus pratiques de lutte contre les mauvaises herbes dans les serres. Cependant, d'autres méthodes peuvent avoir l'avantage d'exiger moins de main-d'œuvre, dont la pasteurisation du sol à l'aide de la vapeur et la fumigation du sol.

Il faut souligner qu'aucun herbicide n'est homologué pour le désherbage à l'intérieur.

Herbicides

La publication 75F du MAAARO, *Guide de lutte contre les mauvaises herbes*, présente des renseignements sur les herbicides homologués en Ontario. Les traitements apparaissant dans cette publication ont été homologués à la suite de multiples essais en plein champ et d'observations à la ferme. La plus grande utilité des herbicides pourrait bien se trouver dans la lutte contre les mauvaises herbes à l'extérieur de la serre.

Les herbicides risquent par ailleurs d'endommager les cultures s'ils sont employés erronément. Pour minimiser le risque de dérive de pesticides dans la serre, il faut prendre les précautions suivantes :

- **Fermer les ventilateurs pour éviter de faire pénétrer les herbicides dans la serre.**

- **Fermer les orifices de ventilation avant la pulvérisation.** Effectuer la pulvérisation très tôt afin d'éviter que les températures de la serre ne soient trop élevées. Attendre au moins 30–60 minutes après la fin du traitement avant d'ouvrir les orifices de ventilation.

- **Effectuer la pulvérisation d'herbicides seulement par vent faible, d'une vitesse inférieure à 11 km/h.** Des vents forts augmentent la dérive de pulvérisation et transportent les gouttelettes plus loin, augmentant ainsi la possibilité que la dérive ne pénètre dans la serre.

- **Utiliser des buses qui minimisent la dérive.**

- **Utiliser un pulvérisateur avec écrans.** Les écrans rattachés à la buse permettent de minimiser la dérive de pulvérisation et de mieux diriger le jet sur la cible.

- **Régler le pulvérisateur pour augmenter la taille des gouttelettes.** Des gouttelettes plus petites augmentent la dérive de pulvérisation, on peut donc la minimiser avec des gouttelettes plus grosses ou en diminuant la pression du pulvérisateur.

- **Si c'est possible, recourir à des applications par humectation.** Cette technique permet de minimiser et d'éliminer la dérive.

- **Maintenir un milieu exempt de mauvaises herbes.** L'entretien assidu d'une lisière de gazon d'une largeur de 10 m autour de la serre diminue ou évite le recours aux herbicides. On peut aussi choisir des paillis ou de l'asphalte pour les abords de la serre.

Il importe de lire attentivement les renseignements sur les produits chimiques, les mises en garde, le calibrage, l'entretien et l'usage des pulvérisateurs. Si le sol renferme des résidus d'herbicides nuisibles, appliquer du charbon activé pour atténuer le problème. La dose varie en fonction du type de contaminant chimique et de sa concentration. Une dose de 0,5–1,5 kg par 100 m^2 est courante.

Se référer à la section 1 pour plus de détails sur les précautions à l'égard de tous les pesticides.

Cultivars résistants

Beaucoup de cultivars sur le marché sont résistants aux maladies. Ainsi, les pourritures fusariennes du collet et des racines et autres maladies virales et cryptogamiques sont-elles rarement un problème pour les producteurs de tomates de serre, car il existe maintenant des cultivars résistants. De la même façon, on utilise de plus en plus des cultivars de concombre résistant au blanc. À ce jour, aucun cultivar du marché n'est résistant aux insectes et aux acariens.

Lutte physique

Pose de moustiquaires

La pose de moustiquaires sur les orifices de ventilation peut réduire considérablement l'entrée des insectes nuisibles en provenance de l'extérieur. Sous les climats plus doux où les insectes sont présents à l'extérieur à longueur d'année, l'utilisation de moustiquaires est monnaie courante là où se pratique la lutte intégrée. Bien que leur utilisation ne soit pas aussi répandue dans les régions plus tempérées, on note une progression à mesure que leur valeur est reconnue.

La pose de moustiquaires élimine une variable importante du programme de lutte intégrée — l'entrée des ennemis des cultures dans la serre en provenance de l'extérieur. Il pourrait s'agir d'ennemis communs comme les thrips, les pucerons et les aleurodes, ou de certains plus rares comme la punaise terne et la pyrale du maïs. Si l'on réduit l'usage de pesticides, il peut y avoir prolifération des ennemis des cultures (p. ex., avec des méthodes de lutte biologiques).

L'utilité de la pose de moustiquaires a été démontrée en Israël et en Californie. En Ontario, les producteurs qui y ont recours réduisent le nombre d'ennemis, utilisent moins de pesticides et améliorent l'efficacité des moyens de lutte (surtout la lutte biologique).

Lors de la pose de moustiquaires, il importe de tenir compte de la taille des ennemis que l'on veut éliminer et de l'effet que peut avoir la pose de moustiquaires sur les systèmes de ventilation. On utilise un moustiquaire à mailles plus ou moins serrées selon la taille de l'ennemi à combattre.

Les moustiquaires à mailles plus grandes normalement utilisés dans les maisons ne seront pas efficaces contre la plupart des ennemis des cultures de la serre. Ils peuvent cependant servir à éloigner les ennemis de plus grande taille comme les punaises ternes et les lépidoptères nuisibles. Pour les insectes plus petits comme les thrips, il faut un moustiquaire à mailles très serrées pour s'assurer de les exclure totalement.

Il faut noter que la pose de moustiquaires peut nuire à la circulation de l'air dans la serre. Même les moustiquaires à mailles plus grandes peuvent entraver la circulation de l'air dans la serre.

Il faut agrandir les orifices de ventilation pour compenser la baisse de la circulation d'air. La pose de moustiquaires dans les systèmes à ventilation par air forcé ou à orifices muraux est plus facile et moins coûteuse que dans les systèmes où l'air est admis par le faîte. Lorsque plusieurs types d'ennemis sont en cause, il faut choisir des moustiquaires à mailles plus serrées pour exclure aussi les plus petits.

Une circulation d'air moindre peut provoquer la surchauffe de la serre et soumet les ventilateurs à un effort excessif (dans le cas des serres avec ventilateurs)

pour que la même quantité d'air circule par les orifices de ventilation partiellement bloqués. On peut remédier à une ventilation réduite en augmentant la surface du moustiquaire. Dans de nombreux cas, on y arrive en installant du moustiquaire autour de l'orifice de ventilation, afin que la surface totale de moustiquaire permette un échange d'air suffisant pour assurer le refroidissement adéquat de la serre.

Il existe plusieurs méthodes pour calculer les surfaces de moustiquaires nécessaires autour des orifices de ventilation pour toute serre donnée. Voici les facteurs à considérer :

- taille des mailles du moustiquaire;
- capacité des ventilateurs;
- baisse de pression statique — la différence de pression de l'air entre l'intérieur et l'extérieur de la serre lorsque les ventilateurs sont en marche.

Il existe des logiciels permettant d'effectuer ces calculs qui peuvent être assez complexes. Ils sont généralement effectués par les fabricants de moustiquaires.

Les moustiquaires à mailles serrées sont plus facilement bloqués par la poussière et autres dépôts, surtout l'été. La circulation de l'air y est ainsi réduite et peut provoquer des températures trop élevées. Il importe donc :

- de nettoyer régulièrement les moustiquaires;
- à la conception, de s'assurer d'un accès facile pour leur nettoyage.

Les moustiquaires peuvent être lavés de l'intérieur avec de l'eau et un boyau haute pression. Ne pas procéder au nettoyage lorsque les ventilateurs sont en marche. L'eau pourrait bloquer les pores et arrêter complètement la circulation d'air, ce qui provoquerait la surchauffe de la serre.

Les moustiquaires sont efficaces dans la mesure où ils permettent d'exclure les insectes volants. Il faut réparer les trous ou les déchirures au plus tôt. On remédie aux petites déchirures en collant une pièce de moustiquaire sur le trou.

De nombreux facteurs influent sur le coût de la pose de moustiquaires :

- la conception finale des moustiquaires;
- l'augmentation de la surface nécessaire pour assurer une ventilation adéquate;
- le coût du moustiquaire comme tel;
- le type de systèmes de ventilation, à orifices muraux ou si l'air est admis par le faîte;
- la fréquence de remplacement, de nettoyage, etc.

Pour plus de renseignements, voir la fiche technique du MAAARO, *Pose de moustiquaires pour exclure les insectes des serres,* commande n° 00-022.

Autres méthodes de lutte physiques

Ruban jaune encollé

Les rubans jaunes encollés constitue un atout de plus dans la lutte contre les insectes volants. Leur principe d'action est le même que pour les plaquettes encollées servant au dépistage. Il faut placer les rubans le long des tables ou des couches, ou les suspendre au-dessus de la culture.

Pièges lumineux

Les pièges lumineux constituent une excellente méthode non chimique facile d'utilisation, pour réduire et supprimer les papillons nocturnes nuisibles comme la mineuse de la tomate et la fausse-arpenteuse du chou au stade adulte. Les pièges lumineux sont composés de lampes à lumière noire qui attirent les insectes et d'un électrocuteur à basse tension qui entoure la lampe. Ces lampes émettent des rayons ultraviolets (UV) de grandes longueurs d'onde, autour de 365 nanomètres (nm). Elles émettent également un peu de lumière visible d'une longueur d'onde se situant entre 430 et 540 nm. Dans le spectre lumineux, les rayons ultraviolets sont les plus efficaces pour attirer les insectes de nuit, c'est pourquoi ils servent à attirer les papillons nocturnes.

Facteurs à considérer dans l'utilisation des pièges lumineux

- **Taille :** La taille du piège influence son pouvoir d'attraction. La plupart des pièges présentent un diamètre d'attraction de 40–50 mètres. Les pièges dont le diamètre d'attraction est plus grand sont plus onéreux.

- **Disposition :** Idéalement, il faut les installer à l'endroit le plus adéquat selon leur diamètre d'attraction. La plupart des producteurs les installent

dans un endroit pratique, le long des allées. Dans tous les cas :

— il faut un plateau de réception rempli d'eau savonneuse, ou une grande plaquette encollée disposée sous le piège pour en recueillir les victimes;

— il faut installer les pièges assez haut pour éviter que le couvert végétal ne bloque la lumière émise et n'empêche les papillons plus petits d'y accéder;

— il faut les installer juste au-dessus de la couverture végétale.

- **Modification des pièges :** On peut augmenter l'efficacité du piège en enlevant la grille métallique qui entoure la lampe et le mécanisme d'électrocution. Même si généralement les mailles de la grille laissent passer les papillons plus petits, comme la mineuse de la tomate au stade adulte, elles peuvent nuire à l'accès des papillons plus gros, comme la fausse-arpenteuse du chou et la noctuelle de la tomate au stade adulte.

- **Saison :** Les pièges lumineux sont plus efficaces durant les mois frais, à des températures extérieures de 10 °C et moins. Il faut éviter d'attirer encore plus d'insectes volants dans la serre. Durant les mois plus chauds, les pièges lumineux seront installés à l'extérieur de la serre, à une distance plus sûre, pour en éloigner les insectes au stade adulte.

- **Entretien :** Il faut nettoyer et inspecter régulièrement les pièges lumineux pour qu'ils restent efficaces.

Bourdons

Les pièges lumineux attirent et électrocutent aussi les bourdons. Pour minimiser le nombre de bourdons pris au piège, il faut une minuterie qui allume les lampes au crépuscule et les éteint au lever du jour. Certains insectes utiles sont attirés par la lumière. Cependant, les températures plus fraîches de la nuit réduisent l'activité de la plupart des insectes utiles et, par conséquent, les possibilités qu'ils soient pris au piège sont moindres. De nombreux papillons nuisibles tendent à être plus actifs la nuit.

Durant les mois plus frais de l'année, le recours aux pièges lumineux constitue une bonne stratégie non chimique de lutte contre les papillons nuisibles.

Lutte biologique

La lutte biologique (soit le recours à des agents de lutte biologique) s'entend de l'utilisation d'organismes vivants (tels les insectes, acariens, champignons et bactéries) pour combattre les ennemis des cultures comme les insectes, les acariens et les agents pathogènes. Il y a plus à la lutte biologique que les seuls lâchers de parasites ou de prédateurs dans la serre. Un programme de lutte réussi exige une planification d'au moins plusieurs mois à l'avance. Il faut considérer les éléments suivants avant d'avoir recours à la lutte biologique.

- Avec le programme, il faut dresser une liste des ressources (par exemple les producteurs et les fournisseurs d'agents de lutte, les autres producteurs, les spécialistes, les chercheurs, les consultants). Il faut assister à des cours, à des séminaires, à des ateliers, lire des revues et des bulletins spécialisés, et effectuer de bonnes recherches sur Internet pour recueillir le plus de renseignements possible sur la lutte biologique. Il convient de définir quels ravageurs sont en cause et quels sont les ennemis naturels les plus adéquats (voir le tableau 11-1, p. 92, pour une liste des agents de lutte contre les principaux ravageurs des cultures abritées).

- Si c'est possible, commencer dans une petite serre isolée. Les novices peuvent alors se concentrer sur un petit secteur et se familiariser avec la lutte biologique. Le programme pourra par la suite être étendu à toutes les serres, minimisant les risques de pertes économiques.

- Si c'est possible, le secteur visé sera entouré de moustiquaires. Le nombre de ravageurs qui entrent dans la serre à partir de l'extérieur varie grandement d'une année à l'autre, et le programme de lutte biologique peut en être grandement désorganisé. Il peut être difficile pour les ennemis naturels de maintenir la lutte (voir la rubrique *Pose de moustiquaires*, p. 88).

- S'assurer que tout le personnel a reçu une formation et est en mesure d'identifier les ennemis des cultures,

les agents de lutte et les premiers symptômes d'infestation ou d'infection.

- Bien des pesticides homologués ont un effet rémanent à long terme (2–3 mois) contre les ennemis naturels. Il faut vérifier les dossiers de pulvérisation de pesticides des mois précédents. Si l'on note l'usage de tels pesticides, il convient alors de laisser s'écouler le délai approprié avant de commencer. Durant cette période, il faut alors avoir recours à des produits qui ont un effet rémanent moindre. Les effets de nombreux pesticides sont donnés à la section 1, p. 16, ou peuvent être obtenus de la part des fournisseurs d'agents de lutte biologique.

- Il faut évaluer l'activité des agents de lutte biologique du marché et les quantités nécessaires. Les principaux insectariums produisent généralement des ennemis naturels de qualité, mais il peut y avoir des problèmes à l'expédition. Le fournisseur doit être avisé de tout problème de qualité afin d'être en mesure de définir le problème et de le corriger.

- Pour l'entreposage et le lâcher des ennemis naturels, il faut se conformer aux directives prescrites. Plusieurs ennemis naturels ne peuvent être stockés que pour une courte période, généralement dans des conditions spécifiques.

- Il faut surveiller les populations de ravageurs et d'ennemis naturels et faire un suivi du programme de lutte biologique en vérifiant régulièrement les éléments suivants :
  — présence d'agents de lutte ailés sur les plaquettes, surtout des guêpes parasites. Il faut savoir cependant que certaines (p. ex., l'*Eretmocerus*) sont grandement attirées par le jaune, et la présence de plaquettes en trop grand nombre peut nuire au programme;
  — présence d'insectes parasités, p. ex., des aleurodes parasités par l'*Encarsia* si l'on trouve des nymphes noircies, et des pucerons parasités par les guêpes parasites *Aphidius* si l'on trouve des pucerons momifiés;
  — présence d'ennemis naturels non ailés par une inspection visuelle de la culture, p. ex., présence d'acariens prédateurs et de coccinelles au stade immature, qui ne volent pas. Il faut inspecter visuellement la culture, surtout les zones où il y a le plus grand nombre de ravageurs;
  — tendances dans la population de ravageurs. Il faut dépister les ravageurs sur les plaquettes ou la culture afin de définir si les populations sont croissantes ou décroissantes.

- Au besoin, il faut utiliser des pesticides compatibles. Ces derniers seront choisis avant le début du programme afin d'être utilisés au besoin. Voir tableaux à la section 1.

- Il faut procéder avec patience et acquérir de l'expérience progressivement pour bien comprendre et maîtriser le système de lutte biologique.

À l'heure actuelle, on trouve sur le marché des agents de lutte produits commercialement pour chacun des principaux insectes et acariens nuisibles qu'on rencontre dans les serres. Il n'en existe toutefois pas encore pour combattre les maladies.

Lutte chimique

Bien que les pesticides demeurent une composante importante des programmes de lutte en serre, leur utilisation doit être surveillée étroitement. Pour les raisons citées plus tôt, il faut réfléchir sur l'usage qu'on fait des pesticides de façon à mieux gérer ceux qui demeurent encore disponibles.

Résistance

Tout pesticide peut donner lieu à l'apparition d'une résistance, s'il est utilisé trop souvent ou incorrectement. Le producteur aurait tort de compter uniquement sur l'homologation de nouveaux pesticides. Ceux-ci présentent des avantages évidents, mais s'ils sont mal utilisés, leurs avantages à court terme sont vite dépassés par les inconvénients à long terme que cause le développement d'une résistance.

La résistance est le résultat de l'adaptation d'une population à une dose de pesticide, normalement létale pour la majorité de ses individus. Il s'agit d'un caractère héréditaire, qui se transmet donc à la descendance.

Cette résistance à un pesticide ne se développe pas chez un individu au cours de son cycle biologique, mais elle est habituellement présente à une très faible fréquence au sein d'une population (trop faible pour pouvoir être mesurée ou remarquée). La fréquence de la résistance s'accroît au sein d'une population à mesure que les épandages du pesticide tuent les individus sensibles, laissant ainsi parmi les survivants une proportion de plus en plus grande d'individus résistants. Étant donné l'immense diversité génétique des arthropodes nuisibles, leur cycle de vie bref, leur immense capacité de reproduction et la nature relativement fermée de la production sous serre, les insectes et acariens ravageurs des serres possèdent un assez grand potentiel de développer une résistance. En n'utilisant que la lutte chimique, on favorise l'apparition de populations résistantes.

Les programmes de gestion de la résistance aux pesticides sont axés sur la réduction de la pression que les pesticides exercent sur les populations. Il importe de minimiser l'usage des pesticides et de les considérer uniquement en dernier ressort. Un bon moyen de combattre le phénomène de la résistance est d'avoir pour principale stratégie la lutte biologique et de ne recourir à la lutte chimique qu'au besoin. Les mesures de lutte culturale comme l'utilisation de cultivars résistants et l'hygiène sont nécessaires. Au besoin, on peut incorporer des mesures de lutte physique, comme des barrières mécaniques et des pièges à insectes.

TABLEAU 11–1. Sommaire des agents de lutte biologique contre les principaux ravageurs des cultures abritées

Ravageur	Agent de lutte biologique
Aleurodes (*Trialeurodes vaporariorum* ou *Bemisia argentifolii*)	*Encarsia formosa* (guêpe parasite)* *Eretmocerus eremicus* (guêpe parasite) *Delphastus pusillus* (coléoptère prédateur)** *Dicyphus hesperus* (prédateur)
Tétranyques (*Tetranychus urticae*)	*Phytoseiulus persimilis* (acarien prédateur) *Feltiella acarisuga* (moucheron prédateur) *Stethorus punctillum* (coléoptère prédateur) *Amblyseius californicus* (acarien prédateur)
Thrips des petits fruits (*Frankliniella occidentalis*)	*Amblyseius* spp. (acariens prédateurs) *Orius* spp. (anthocoride prédateur) *Hypoaspis* sp. (acarien prédateur)
Pucerons : différentes espèces, en particulier le puceron vert du pêcher (*Myzus persicae*) et le puceron du melon (*Aphis gossypii*)	*Aphidius* spp. (guêpes parasites) *Aphidoletes aphidimyza* (moucheron prédateur) Coccinelles (*Harmonia* et *Hippodamia*) Chrysopes (prédateurs)
Sciarides (*Bradysia* et *Corynoptera* spp.)	*Hypoaspis* spp. (acariens prédateurs) Nématodes *Steinernema* sp. *Bacillus thuringiensis* (bactéries vendues sous le nom de Vectobac)
Chenilles (fausse-arpenteuse du chou, pyrale du maïs)	*Bacillus thuringiensis* (bactérie vendue sous le nom de Dipel, Foray, etc.) *Catesia marginiventris* (guêpe parasite) *Podisus maculiventris* (insecte prédateur) *Trichogramma* spp. (guêpes parasites)
Mineuses (*Liriomyza* spp.)	*Diglyphus* sp. (guêpe parasite) *Dacnusa* sp. (guêpe parasite)

* Parasite : Le parasite ne nécessite habituellement qu'un seul hôte pour compléter son développement. Dans bien des cas, il finit par tuer l'hôte en vivant à ses dépens, sur son corps ou à l'intérieur de celui-ci.

** Le prédateur attaque sa proie (en l'occurrence l'insecte nuisible) et la consomme. Il mène par ailleurs une vie indépendante de celle de sa proie. Pour atteindre la maturité, le prédateur se nourrit de plusieurs proies.

Il faut se montrer prudent dans l'utilisation des pesticides lorsqu'on a recours à des méthodes de lutte biologique, car la plupart des pesticides sont aussi toxiques pour les insectes utiles. L'épandage d'un seul pesticide toxique pour les agents de lutte biologiques peut empêcher le producteur de recourir aux agents de lutte pendant une longue période. Voir les effets secondaires à la section 1, tableau 1-8 et tableau 1-9, p 16.

En outre, si leur programme de lutte intégrée inclut l'utilisation de pesticides, la dose à laquelle une résistance pourrait se développer sera plus forte si les producteurs utilisent des pesticides appartenant à un même groupe chimique (p. ex., organophosphorés, pyréthrines et carbamates) sur une longue période. Pour ralentir le développement d'une résistance, il faut changer de classe de pesticides après quelques semaines ou selon un intervalle correspondant à la durée d'une génération de l'insecte nuisible à combattre (voir la section 1, tableau 1-6, p. 15).

Pour éviter qu'un nouveau produit perde de son efficacité dès la première ou la deuxième année suivant son homologation, il appartient à chacun d'utiliser les pesticides avec circonspection.

Application de pesticides

La principale cause d'échec d'un traitement *n'*est *pas* la résistance. Un certain nombre d'autres facteurs peuvent également influencer l'efficacité d'une application de pesticides.

- S'assurer de calculer et de mesurer avec exactitude les doses de pesticides.
- Il faut un bon recouvrement. Il est prouvé que le simple fait de ralentir la cadence ou de parcourir toutes les allées plutôt que toutes les deux allées améliore nettement le degré de recouvrement.
- Toujours maintenir le matériel de pulvérisation en bon état. Remplacer les buses à intervalles réguliers. Une fois usées, les buses ne produisent plus le même jet ni la même grosseur de gouttelettes.
- Diversifier les méthodes d'application. Les méthodes de pulvérisation à volume élevé, à bas volume et électrostatique ont toutes une place dans la serre, selon l'objectif poursuivi.
- Mieux choisir le moment des traitements et mieux cibler les traitements sont sans doute les deux meilleurs moyens d'accroître l'efficacité des pulvérisations. Un bon programme de dépistage fournit l'information nécessaire permettant de décider quand, où et pourquoi un traitement est nécessaire. Ainsi, le producteur peut traiter uniquement les zones qui en ont vraiment besoin (pulvérisations localisées), au moment où le traitement peut avoir une efficacité maximale et de façon à atteindre directement l'insecte nuisible (ou le stade visé).
- L'efficacité d'un pesticide peut varier considérablement d'une serre à l'autre en raison de facteurs tels que la fréquence d'utilisation du même produit, le mode d'application utilisé, l'époque d'intervention et la qualité de l'eau. Le pH de l'eau doit se situer à 5,5–6,0; à un pH supérieur à 7, le pesticide peut se dégrader rapidement.

Compatibilité des pesticides

- Avant de mélanger des pesticides, lire soigneusement l'étiquette pour tout renseignement sur la compatibilité et consulter le fournisseur à ce sujet.
- Éviter de mélanger les formulations EC.
- Il ne faut jamais mélanger des herbicides avec des insecticides ou des fongicides; les appliquer avec du matériel réservé uniquement aux applications d'herbicides.

12. Insectes et acariens nuisibles

Thrips

Description et cycle biologique

Les thrips sont de petits insectes minces et agiles, d'environ 1,5–2 mm de long à pleine maturité. Les adultes varient en couleur du brun foncé ou noir au jaune ou orangé, alors que les jeunes thrips sont généralement blancs ou jaunes avec des yeux rouges. On retrouve plusieurs espèces de thrips dans les serres, y compris le thrips des fleurs, le thrips de l'oignon et le thrips des petits fruits (TPF) (PLANCHE 58).

Le cycle biologique de tous les thrips est semblable. La femelle adulte pond de petits œufs blancs à l'intérieur du parenchyme. Les œufs éclosent en 5–7 jours pour donner naissance à des nymphes blanches qui s'alimenteront des feuilles et des pétales. Les thrips passent par deux stades nymphaux, une prépupaison et une courte pupaison (sur le sol ou la plante) avant de devenir adultes. Les adultes peuvent vivre jusqu'à 7 semaines. Une nouvelle génération peut être produite tous les 20–35 jours, en fonction de la température.

Dommages

Les pièces buccales sont du type piqueur-suceur. Elles causent l'apparition de stries blanches sur les feuilles et les fruits ou de taches translucides sur les pétales de fleurs. Leurs ravages sont caractérisés par l'accumulation de matières fécales minuscules et noires à la surface des feuilles. La femelle adulte peut aussi nuire à la qualité des fruits, par exemple des tomates, en pondant ses œufs dans ceux-ci. En effet, la ponte provoque l'apparition sur les fruits de petites taches décolorées qui ne mûrissent pas normalement (PLANCHE 59).

Cet insecte est apte à développer rapidement une résistance aux pesticides et à transmettre le virus de la tache nécrotique de l'impatiente (INSV) ou celui de la maladie bronzée de la tomate (TMSV), lesquels peuvent avoir un effet dévastateur sur un bon nombre de cultures serricoles principales (PLANCHE 60). Un diagnostic sûr est essentiel, car ces virus possèdent une vaste gamme d'hôtes chez qui les symptômes de l'infection virale varient énormément. La lutte contre la tache nécrotique de l'impatiente et la maladie bronzée de la tomate est difficile. Elle passe par la maîtrise des populations de thrips, l'élimination des plants infectés, et un bon désherbage à l'intérieur et à l'extérieur de la serre. L'utilisation de plantes indicatrices comme le pétunia ou la féverole à petits grains peut permettre de détecter tôt la présence du INSV ou du TMSV.

Stratégies de lutte

La lutte devrait reposer sur un bon programme de dépistage avec plaquettes encollées jaunes ou bleues (les deux couleurs étant très attirantes pour les TPF) et sur l'inspection régulière des plantes.

On peut détecter tous les stades évolutifs (sauf celui de l'œuf) en tapotant les boutons ou les fleurs au-dessus d'une feuille de papier blanc.

Lutte biologique

- On peut se procurer sur le marché quatre agents de lutte biologique efficaces contre les thrips : les acariens prédateurs *Amblyseius cucumeris, Amblyseius degenerans*, et *Hypoaspis*, ainsi que l'anthocoride prédateur *Orius insidiosus*.
- L'idéal est d'en utiliser plusieurs en les combinant. Pour que ces prédateurs soient efficaces, il faut les introduire lorsque les niveaux de populations de thrips sont faibles et les relâcher en nombre suffisant pour maîtriser les populations de thrips.

***Amblyseius cucumeris* —**

- Ce prédateur de couleur chamois se nourrit surtout des thrips du premier stade nymphal.
- Cet agent de lutte est habituellement livré aux producteurs dans un mélange incluant son et acariens du son. Le son fournit la nourriture aux acariens du son qui à leur tour servent de nourriture aux acariens prédateurs. Ce mélange de son et d'acariens, dont on saupoudre directement la culture, vient en petits sachets ou contenants. Les sachets constituent de petites cellules d'élevage d'où sortent les acariens prédateurs sur une période de plusieurs semaines.
- Toujours bien examiner le mélange de son avant l'emploi. Le son ne doit comporter aucune trace de moisissure ni aucune odeur d'ammoniac. On doit y voir des acariens du son et des acariens prédateurs vivants.
- Les acariens prédateurs sains se meuvent rapidement, tandis que les acariens du son se déplacent plus lentement. Toujours suspendre les sachets à l'abri des rayons du soleil pour éviter la déshydratation de leur contenu. Les taux d'application de ce prédateur varient selon la culture et le degré d'infestation par les thrips. Consulter un spécialiste de la lutte intégrée du MAAARO ou un fournisseur d'agents de lutte biologique pour connaître les quantités à relâcher.

***Amblyseius degenerans* —**

- Ce prédateur diffère d'*A. cucumeris* par son apparence et sa capacité de tolérer des conditions moins humides.
- Il est foncé, très agile et se reproduit très bien sur le pollen.
- On peut en faire l'élevage sur des plants de ricin qui peuvent servir de points de départ des lâchers d'insectes dans la serre.
- Il donne un maximum de résultats là où une source de pollen (poivrons de serre, par exemple) en favorise l'établissement.

***Hypoaspis* —**

- Il s'agit d'un acarien terricole qui constitue un moyen de lutte supplémentaire contre les thrips du fait qu'il se nourrit des pupes contenues dans le substrat. Pour plus de détails, voir sous Sciarides, p. 105.

***Orius insidiosus* —**

- L'anthocoride *Orius insidiosus* est un prédateur ailé qui se nourrit de tous les stades mobiles du thrips. Les adultes sont noirs avec des taches blanches et crème sur les ailes. Les nymphes les plus jeunes sont jaunes tandis que les plus vieilles sont d'un brun acajou foncé.
- *O. insidiosus* se nourrit également de pollen, de tétranyques, de pucerons, d'aleurodes, œufs de noctuelles et de jeunes chenilles. Toutefois, les thrips constituent sa nourriture préférée.
- Il est sensible à la longueur du jour et ne doit pas être relâché dans les serres avant la mi-mars, à moins qu'il ne bénéficie de 13 heures de clarté.

Lutte chimique

La lutte chimique contre le TPF peut être difficile en raison de sa tolérance à la plupart des pesticides et de l'habitude qu'il a de s'alimenter bien au creux des boutons floraux ou des feuilles en croissance. Cette habitude en fait une cible difficile à atteindre par les insecticides, d'où l'importance, au moment des traitements, de bien couvrir toute la plante. Voici des recommandations générales concernant l'usage de pesticides pour lutter contre les thrips :

- Pour réduire les populations, faire 3 pulvérisations consécutives à 4–5 jours d'intervalles.
- Faire si possible la rotation des groupes chimiques de pesticides en veillant à utiliser un seul groupe de pesticides pendant toute la durée d'un cycle biologique. En règle générale, il faut donc changer de groupe de pesticides toutes les 2–3 semaines, selon le moment de l'année. À noter qu'une même génération survit plus longtemps par temps frais.
- Appliquer idéalement les pesticides tôt le matin et tard l'après-midi, lorsque les thrips sont le plus mobiles. On s'assure ainsi d'une meilleure exposition des thrips aux pesticides.

Aleurodes

Description et cycle biologique

Les aleurodes adultes sont de petits insectes ailés de couleur blanche mesurant environ 1,5–2 mm de long. Les œufs sont pondus au revers des feuilles et sont trop petits pour être perçus sans l'aide d'un microscope. Un aleurode femelle peut pondre jusqu'à 300 œufs et vivre jusqu'à deux mois. Les nymphes, qui éclosent en 5–10 jours, sont plates et font penser à une cochenille; elles se déplacent ici et là sur la feuille avant de devenir immobiles.

Les adultes sortent après trois stades nymphaux et la pupaison. On peut voir les reliquats de pupes et les adultes au revers des feuilles du bas, qui peuvent montrer des signes de flétrissure. Le cycle biologique est généralement complété en 35 jours à 18 °C et en 18 jours à 30 °C. Les aleurodes n'hivernent pas à un stade particulier de leur développement et peuvent survivre tant qu'il y a autour d'eux une forme ou une autre de vie végétale. (PLANCHE 61)

Espèces d'aleurodes

Il existe en Ontario deux espèces d'aleurodes qui préoccupent les serriculteurs : l'aleurode des serres et l'aleurode *Bemisia argentifolii*. Les adultes des deux espèces se ressemblent beaucoup. Voici pourtant comment les différencier :

- L'aleurode *Bemisia argentifolii* est un peu plus petit que l'aleurode des serres et son corps est plus jaune.
- Au repos, les ailes de l'aleurode *Bemisia argentifolii* sont repliées en forme de tente au-dessus de son corps, tandis que l'aleurode des serres replie ses ailes à plat, presque parallèlement à la surface sur laquelle il est posé.
- Les différences majeures du diagnostic d'identification des deux espèces se voient à la pupaison. La pupe de l'aleurode des serres est surélevée par rapport à la surface du limbe et son pourtour est garni d'une frange de poils, tandis que pour l'aleurode *Bemisia argentifolii*, la pupe repose à plat à la surface du limbe et n'a aucune frange. On remarque mieux ces caractères à l'aide d'un microscope.
- La trajectoire décrite par l'aleurode *Bemisia argentifolii* en vol est plus directe que celle de l'aleurode des serres, laquelle est oscillante.
- Le cycle biologique de l'aleurode *Bemisia argentifolii* est plus long.
- L'aleurode *Bemisia argentifolii* supporte moins bien le froid.

Dommages

- Leurs pièces buccales de type piqueur-suceur permettent aux aleurodes de sucer la sève des plantes et de les rendre ainsi moins vigoureuses.
- Les aleurodes produisent de grandes quantités de miellat propice à la croissance du champignon responsable de la fumagine à la surface des feuilles et des fruits, amenant une réduction de l'activité photosynthétique dans le premier cas et une détérioration de la qualité des fruits, dans le second. La fumagine en soi n'endommage toutefois pas les plantes.
- Ils peuvent transmettre des virus. Par exemple, l'aleurode *Bemisia argentifolii* serait vecteur de plus de 60 virus et on associerait l'aleurode des serres à la propagation du pseudo-virus de la jaunisse grave de la betterave dans les concombres.

Stratégies de lutte

- Mettre en place un programme de surveillance de routine basé sur l'utilisation de plaquettes jaunes encollées et sur une inspection visuelle des plants.
- Se servir de plantes hôtes qui sont plus attirantes pour les aleurodes que la culture principale, comme indicatrices pour le dépistage précoce ou plantes-appâts. Des espèces végétales comme l'aubergine et le fuchsia peuvent être utilisées à cette fin.
- Identifier les espèces d'aleurodes présentes dans la culture.
- Réagir promptement dès qu'on remarque la présence d'aleurodes adultes sur les plaquettes jaunes ou sur les feuilles terminales.
- Maîtriser les mauvaises herbes.

Lutte biologique

- Deux petites guêpes parasites sont offertes sur le marché pour lutter contre les aleurodes : *Encarsia formosa* et *Eretmocerus eremicus*. L'antagoniste *Encarsia formosa* est plus efficace contre l'aleurode des serres, bien qu'il permette aussi de combattre jusqu'à un certain point l'aleurode *Bemisia argentifolii*. *Eretmocerus* est plus efficace contre l'aleurode *Bemisia argentifolii* mais il permet de bien maîtriser les populations d'aleurodes. Par ailleurs, on trouve aussi dans le commerce deux prédateurs : *Delphastus pusillus*, un petit coléoptère de couleur noire, et *Dicyphus hesperus*.
- Une bonne hygiène, la lutte contre les mauvaises herbes et une faible population d'aleurodes sont nécessaires au succès de la lutte biologique dirigée contre l'aleurode.

***Encarsia formosa* —**

D'une longueur d'environ 0,6 mm, les guêpes adultes sont des parasites qui tuent les aleurodes essentiellement en pondant leurs œufs à l'intérieur des individus non encore parvenus à maturité ou des nymphes, dont l'apparence fait penser aux cochenilles. Le prédateur adulte peut vivre de quelques jours à tout un mois, selon la température. Les femelles pondent 50–350 œufs au cours de leur vie. La nymphe de l'aleurode des serres noircit 10–14 jours après avoir été parasitée. En moyenne, il faut 2 autres semaines avant que la guêpe adulte ne sorte. Lorsque l'adulte est complètement formé, il perce une ouverture dans la partie supérieure de la nymphe noircie avant d'en sortir. Les aleurodes *Bemisia argentifolii* parasitées prennent une coloration jaunâtre tirant sur le brun, plus difficile à déceler. La lutte biologique contre l'aleurode *Bemisia argentifolii* nécessite des lâchers plus importants.

Voici des conseils destinés à accroître l'efficacité de l'utilisation d'*Encarsia*:

- Éviter d'utiliser des pesticides à action rémanente prolongée au moins dans les 3 mois qui précèdent le lâcher initial.
- Surveiller la culture à tous les stades de la production de façon à déceler la présence d'aleurodes et à suivre l'évolution de la population. Ces données permettent de déterminer avec plus de précision la quantité de parasites à lâcher et le moment le plus propice pour le faire.
- Introduire *Encarsia* dès les premières manifestations de la présence d'aleurodes ou, de façon préventive, avant qu'elles ne soient détectées. Si les aleurodes sont présentes avant l'introduction *d'Encarsia*, utiliser un pesticide ayant une faible rémanence pour abaisser dramatiquement la population.
- Éviter d'utiliser *Encarsia* entre décembre et février, à moins que les conditions de luminosité et de température soient modifiées pour convenir au parasite.
- Lâcher *Encarsia* aux endroits ombragés des plants, où les parasites seront à l'abri de la lumière directe.
- Répartir uniformément les cartes, mais en placer davantage là où des aleurodes ont été vues. Pour une répartition plus uniforme, se procurer des cartes comptant chacune un moins grand nombre de nymphes parasitées.
- Au cours des opérations d'effeuillage ou d'élagage dans des cultures légumières comme celle de la tomate, ne pas ôter les feuilles portant des nymphes parasitées immatures, sous peine de nuire à l'accroissement de la population d'*Encarsia* et au taux de parasitisme.
- Continuer d'introduire *Encarsia* jusqu'à ce qu'au moins 80 % des nymphes sur les feuilles les plus vieilles aient noirci. Au cours des mois d'été, lorsque les aleurodes migrent vers les serres, il faut maintenir, voire augmenter, le nombre des parasitoïdes.

***Eretmocerus eremicus* —**

Les adultes sont jaunes et mesurent environ 0,6 mm de long. Les femelles pondent leurs œufs sous des larves d'aleurodes qui ont atteint de préférence le 2^{e} ou 3^{e} stade larvaire. La proportion des sexes chez cette guêpe est de 1:1. Lorsqu'on décrit les taux d'introduction, on fait référence au nombre de *femelles* lâchées. C'est là une situation différente d'*Encarsia*, dont toute la population est femelle. Par contre, à l'exemple d'*Encarsia*, la mortalité des aleurodes peut être attribuée au parasitisme et à l'alimentation des hôtes. Les nymphes d'aleurodes parasitées prennent une couleur jaune brunâtre, aussi bien chez l'aleurode des serres que chez l'aleurode *Bemisia argentifolii*.

***Delphastus pusillus* —**
Delphastus est un coléoptère prédateur. À la fois les stades adulte et larvaires de *Delphastus pusillus* s'alimentent d'aleurodes, en particulier de leurs œufs et de leurs nymphes. Apparemment, *Delphastus* évite les nymphes déjà parasitées, se limitant essentiellement à parasiter celles qui sont non parasitées. Ce comportement en fait un allié compatible avec l'utilisation d'*Encarsia*. On recommande d'utiliser ce coléoptère comme complément à l'activité d'*Encarsia*, dans le but de réduire les populations d'aleurodes. Le *Delphastus* adulte vit 6–9 semaines. On dit qu'il a besoin de consommer un minimum de 10 œufs d'aleurode par jour pour être en mesure de se reproduire. Apparemment, ce coléoptère est efficace dans les concombres, mais pas dans les cultures de tomates.

***Dicyphus hesperus* —**
Dicyphus est un prédateur qui possède des pièces buccales du type piqueur-suceur. Il se nourrit de différents insectes mais semble avoir une préférence pour les aleurodes et particulièrement pour leurs œufs et leurs stades larvaires. Dans une moindre mesure, il s'alimente de pucerons, de tétranyques, de thrips, de larves de mineuses et d'œufs de noctuelles. En l'absence de proies, une population élevée de *Dicyphus* peut endommager les fruits de la tomate. Pour lutter contre l'aleurode, il vaut mieux utiliser *Dicyphus* en combinaison avec les guêpes parasites *Encarsia formosa* et *Eretmocerus eremicus*.

Lutte physique

***Pièges encollés* —**
Les pièges jaunes encollés, sous différentes formes, permettent de capturer les aleurodes adultes en grand nombre. Les gros carreaux jaunes encollés ou les rubans jaunes encollés de 30 cm sont placés près des foyers d'infestation à raison de 1/plant. On peut aussi suspendre le ruban jaune encollé entre les poteaux le long des rangs. Ces rubans permettent aussi de capturer sciarides, éphydridés, *Aphidius* spp. et *Encarsia*, surtout si les populations d'aleurodes sont faibles. Se méfier de l'utilisation de nombreux rubans encollés en association avec des parasitoïdes, notamment *Eretmocerus*, qui est fortement attiré par la couleur jaune.

***Aspiration* —**
L'utilisation d'un aspirateur à main est un moyen très efficace de détruire rapidement les aleurodes adultes près des foyers d'infestation.

***Barrières à insectes* —**
La protection des portes et des orifices de ventilation par l'installation de moustiquaires à mailles très serrées réduit considérablement la migration vers la serre des aleurodes provenant de l'extérieur. Lorsque les aleurodes migrent en grands nombres à certaines périodes de l'année (durant la récolte, par exemple) en provenance de champs adjacents (champs de tomates, par exemple) l'installation de moustiquaires devrait constituer le moyen de défense de première intervention.

Lutte chimique

- Les aleurodes ont développé une résistance à de nombreux pesticides. On doit faire preuve de circonspection si l'on veut en prolonger l'utilisation et en même temps retarder l'apparition de résistance.
- Pour faire une utilisation rationnelle et judicieuse des pesticides, il faut mettre en place un programme de surveillance soutenu, respecter les seuils d'intervention, faire la rotation des catégories de pesticides et recourir en même temps à toutes les mesures de lutte non chimiques existantes.
- Lorsqu'on utilise un insecticide systémique, on doit s'assurer de l'appliquer correctement. Il faut que le système racinaire soit bien développé et que le plant soit en croissance active. On limite l'arrosage pendant les 12–18 heures qui précèdent l'application afin d'assurer une meilleure absorption et une efficacité accrue du produit.

Tétranyque à deux points

Description et cycle biologique

Le tétranyque à deux points s'attaque à une vaste gamme de cultures de serre. La femelle adulte a huit pattes, possède un abdomen rond et mesure environ 0,5 mm de long. Le mâle se distingue de la femelle par son corps plus petit et plus étroit et par son abdomen effilé. La coloration des adultes varie du jaune pâle à l'orangé et au brun. Le stade d'hivernage ou de diapause est de couleur rouge orangé. La réduction de la luminosité à 12 heures ou moins, la baisse de la température et la raréfaction des aliments sont autant de facteurs qui peuvent déclencher la diapause chez le tétranyque. Pendant cette diapause, il peut tolérer de très basses températures, et une brève période de réchauffement ne suffit pas à le sortir de sa dormance.

L'inspection visuelle de la face inférieure des feuilles mettra en évidence les tétranyques sous la forme de minuscules points mobiles. Les deux points foncés sur le corps du tétranyque délimitent le contenu gastro-intestinal vu à travers son corps transparent. Après l'accouplement, la femelle commence à pondre environ six œufs blanc nacre par jour. Sur une durée de vie moyenne, la femelle peut pondre 100 œufs et plus à la face inférieure du feuillage. Les insectes fraîchement éclos passent par le stade larvaire typique à six pattes, puis par les stades de la protonymphe et de la deutonymphe à huit pattes. Le dernier stade est caractérisé par une période de repos et d'immobilité où les individus sont très tolérants aux acaricides. Le cycle biologique, de l'œuf à l'adulte, dure 23 jours à 15 °C et 4 jours seulement à 32 °C. Le développement est accéléré par temps chaud et sec (PLANCHE 62).

Dommages

- À tous les stades actifs de son développement, le tétranyque à deux points s'alimente en piquant l'épiderme inférieur de la feuille à l'aide de ses pièces buccales de type suceur.
- Au début, les dégâts se limitent à quelques picots jaunes sur la feuille. Cependant, au fur et à mesure que la population augmente, les dégâts s'étendent à la feuille tout entière, qui prend alors une apparence pâlotte ou dont sa face supérieure est recouverte de ponctuations. Les feuilles gravement infestées deviennent toutes jaunes, cassantes, et sont couvertes de toiles.
- Si on laisse aller les infestations sans intervenir, les plantes peuvent en mourir. Les populations de tétranyques paraissent pulluler à certains moments de l'année en raison de l'influence de la température sur leur cycle biologique.
- D'autres facteurs comme l'hygrométrie et la fertilisation sont aussi importants, et peuvent à l'occasion contribuer à réprimer les infestations.

Stratégies de lutte

Pour réduire l'importance des premières infestations dans les cultures subséquentes, faire un bon nettoyage entre les cultures, soit juste avant que les tétranyques n'entrent en diapause, car les tétranyques passent l'automne et l'hiver à l'abri au sol, dans les tiges creuses, bouts de tuyaux, fissures et crevasses. Les tétranyques reprennent leur activité vers la fin de l'hiver et au début du printemps. Les stades où le tétranyque est rouge sont généralement assez résistants aux pesticides et ne sont pas des proies faciles pour les prédateurs. Lorsqu'on détecte des tétranyques rouges sortis de leur diapause, il est recommandé de pulvériser un savon insecticide sur les feuilles légèrement infestées et d'enlever et de détruire celles qui sont gravement infestées.

Lutte biologique

- Le principal agent de lutte biologique contre le tétranyque est l'acarien prédateur *Phytoseiulus persimilis*.
- Les autres agents de lutte biologique comprennent l'acarien prédateur *Amblyseius californicus*, la coccinelle *Stethorus punctillum*, et le moucheron qui ressemble à un moustique, *Feltiella acarisuga*.

***Phytoseiulus persimilis* —**

- *Phytoseiulus persimilis* est à peu près de la même grosseur que le tétranyque à deux points. Il se distingue toutefois du ravageur par son corps piriforme, par l'absence des

deux points, par sa couleur qui va du saumon pâle à l'orangé vif, par ses déplacements qui sont beaucoup plus rapides et par ses longues pattes. Il se nourrit spécifiquement de tétranyques et n'hiverne pas.

- En l'absence de tétranyques, le prédateur meurt, si bien qu'il faut le réintroduire à chaque nouvelle infestation. Les prédateurs adultes dévorent environ 7 adultes ou 15–20 œufs par jour. À 20 °C, *P. persimilis* se reproduit pratiquement deux fois plus vite que le tétranyque. La lutte à l'aide de cet insecte utile donne un maximum de résultats entre 20 et 26 °C. À plus de 30 °C et à des taux d'humidité inférieurs à 60 %, les prédateurs deviennent moins efficaces, car ils cherchent alors à se réfugier dans la partie basse du feuillage où ils sont plus au frais. Par contraste, ces mêmes conditions sont propices à la prolifération des tétranyques. Les prédateurs sont offerts sur le marché soit mélangés à de la vermiculite, soit sur des feuilles de haricots. Il faut toujours traiter les plants infestés dès les premiers signes de dommages. Avant de lâcher les prédateurs, toujours s'assurer qu'ils sont bien vivants et très actifs. Dans la mesure du possible, placer quelques prédateurs sur chacune des feuilles infestées.

***Amblyseius californicus* —**
Cet acarien prédateur est de couleur ambre et a la forme d'une goutte. Il ressemble beaucoup à *A. cucumeris*. Comme *A. cucumeris*, il attache des œufs ovales blanchâtres aux poils le long des nervures sur le revers des feuilles. Il peut se nourrir d'autres acariens, notamment du tétranyque des serres, et peut survivre en se nourrissant de pollen. Il tolère apparemment des températures élevées, des niveaux d'humidité faibles et toute une gamme de pesticides.

***Stethorus punctillum* —**
Il s'agit d'une minuscule coccinelle ovale, convexe et luisante qui pond des œufs blancs un à un sur le revers des feuilles. Avant d'éclore, les œufs noircissent. Les larves nouvellement écloses sont gris-noir et portent de longues soies ramifiées. Juste avant la pupaison, la larve entière devient rougeâtre. Les pupes sont noires et aplaties et le corps tout entier est couvert de soies jaunes. Les adultes fraîchement sortis des pupes sont orange rougeâtre pendant quelques heures puis noircissent. *Stethorus punctillum* est exclusivement un prédateur des acariens phytoravageurs qu'ils préfèrent au stade de l'œuf. Cette coccinelle peut s'établir dans des cultures de poivrons et de concombres, mais pas dans les cultures de tomates.

***Feltiella acarisuga* —**
Feltiella acarisuga, aussi désigné *Therodiplosis persicae*, est un moucheron prédateur qui ressemble à un moustique. L'adulte peut voler et chercher activement des tétranyques. Il pond ses œufs le long des colonies de tétranyques. Les larves orangées qui sortent de ces œufs peuvent se nourrir de tous les stades des tétranyques. Les larves se transforment en pupes près des nervures des feuilles, dans des cocons blancs. La durée du cycle biologique varie selon la température; il prend au total entre 2 et 4 semaines. *Feltiella* se nourrit des tétranyques durant la diapause lorsqu'ils sont rouges et de peu d'intérêt pour *Phytoseiulus*. Des populations s'établissent, bien qu'à des degrés variables, dans toutes les cultures de serre, y compris celle de la tomate si les conditions sont favorables. *Feltiella* donne son plein rendement sous une humidité élevée (HR supérieure à 80 %) et dans des points chauds. L'utilisation de soufre peut réduire l'efficacité et la survie de *Feltiella*.

Lutte physique

La pulvérisation d'eau en brouillard sur les plants et le maintien de niveaux d'humidité relativement élevés contribuent à supprimer les populations de tétranyques. Ainsi, à 20 °C et à 36 % d'HR, les tétranyques à deux points femelles pondent environ 7 œufs par jour. Quand l'humidité relative grimpe à 95 %, elles pondent environ 30 % moins œufs.

Lutte chimique

En raison de leur capacité de reproduction énorme, les tétranyques à deux points développent facilement une résistance aux pesticides. Si l'on compte en combattre les populations à l'aide de pesticides, voici les directives à observer :

- Diriger le jet sous les feuilles, là où se regroupent normalement les tétranyques.
- Comme les toiles qu'on retrouve dans les zones de fortes infestations peuvent servir à protéger les tétranyques et les œufs qui se dissimulent à l'intérieur de la toile ou derrière celle-ci, il faut parfois augmenter la pression afin d'y faire pénétrer la bouillie.
- En raison de la grande capacité de reproduction des tétranyques à deux points, recourir autant que possible à d'autres mesures de lutte pour réduire au minimum l'apparition d'une résistance aux pesticides.

Pucerons

Description et cycle biologique

Les pucerons sont des insectes de petite taille (2–3 mm) au corps mou possédant des pattes et des antennes longues et une paire d'appendices tubulaires appelés cornicules placée en saillie sur la partie postérieure de l'insecte. On peut retrouver plusieurs espèces dans les serres, dont la coloration varie entre le noir, le gris, le rouge, le jaune et le vert. Les espèces de pucerons les plus fréquentes dans les serres sont le puceron vert du pêcher (*Myzus persicae*), le puceron du melon (*Aphis gossypii*) et le puceron de la pomme de terre (*Macrosiphum euphorbiae*). Le puceron strié de la digitale et de la pomme de terre ou puceron à taches vertes de la pomme de terre (*Aulacorthum solani*) est une autre espèce qui peut provoquer la distorsion des feuilles dans les cultures de poivrons (PLANCHE 63).

Les pucerons adultes sont en majorité aptères, quoique dans des conditions de densités de population élevées, des adultes ailés puissent également se développer. Cette adaptation est un mécanisme de dissémination qui permet aux pucerons en provenance de l'extérieur de s'introduire dans une serre, ou de se propager rapidement à l'intérieur de la serre.

Dans une serre, tous les pucerons sont femelles. Leurs petits naissent vivants et peuvent se reproduire en 7–10 jours. Un puceron peut engendrer 60–100 petits sur une période de 20 jours. Les populations croissent donc très rapidement.

Dommages

- Les pucerons piquent le tissu végétal avec leurs pièces buccales et sucent la sève, ce qui provoque une déformation des feuilles et des fleurs.
- Les pucerons passent par un certain nombre de stades avant de devenir adultes. Les dépouilles qu'ils laissent chaque fois derrière eux sont des signes visibles de leur présence.
- Ils exsudent une substance sucrée et collante, appelée miellat, qui favorise le développement de la fumagine.
- Certains pucerons ont la capacité de transmettre des maladies virales des plantes par exemple, le virus de la mosaïque du concombre dans les cucurbitacées.

Stratégies de lutte

- Pour le dépistage des pucerons, on emploie des plaquettes jaunes encollées qui piègent les adultes ailés.
- Dans le cas des pucerons aptères toutefois, il est important d'inspecter soigneusement et régulièrement les nouvelles feuilles afin d'empêcher une grosse infestation de se développer.
- Les traitements localisés de foyers d'infestation isolés peuvent prévenir leur dispersion dans le reste de la serre.
- Lorsque l'infestation se produit au stade de la floraison, une fumigation peut s'avérer plus efficace et moins phytotoxique.

Lutte biologique

- Il existe plusieurs agents de lutte qu'on peut se procurer facilement : le moucheron prédateur *Aphidoletes aphidimyza*, la guêpe parasite *Aphidius* spp. et les coccinelles (*Hippodamia convergens* et *Harmonia axyridis*).

- *Aphidoletes* et les coccinelles servent normalement de complément à l'action de l'*Aphidius*, afin de réduire les populations de pucerons dans les zones de forte infestation.

***Aphidoletes aphidimyza* —**

- Au stade adulte, l'*Aphidoletes aphidimyza* ressemble à un petit moustique ou à une sciaride. Les femelles pondent leurs œufs (jusqu'à 200 au cours de leur vie) à proximité de colonies de pucerons, si bien que dès leur éclosion, les larves de couleur orangée sont tout près de leur source de nourriture.

- Les œufs éclosent habituellement après 2–3 jours. Après 7–14 jours de stade larvaire, elles tombent au sol pour la pupaison. Ce stade dure habituellement environ 2 semaines. *A. aphidimyza* adulte se nourrit de miellat. Les larves peuvent tuer 3–50 pucerons par jour. Compte tenu de la longueur normale du jour, *A. aphidimyza* entre en diapause entre septembre et mars, et il est par conséquent inefficace au cours de cette période.

***Aphidius spp.* —**

- Cette guêpe parasite n'entre pas en diapause et n'est habituellement pas efficace au cours de l'hiver, au début du printemps et à l'automne. Pendant l'été, d'autres espèces de guêpes parasites vivent aux dépens d'*Aphidius*, réduisant ainsi l'influence que cette dernière exerce sur les populations de pucerons. Les conditions optimales pour *Aphidius* se situent autour de 18–25 °C et de 80 % d'HR. Le passage d'*Aphidius* de l'œuf à l'adulte prend environ 10 jours à 25 °C, et 14 jours à 21 °C

- Plusieurs espèces d'*Aphidius* sont offertes sur le marché : *Aphidius matricariae*, qui peut parasiter une quarantaine d'espèces de pucerons, y compris le puceron vert du pêcher; *Aphidius colemani* qui serait, semble-t-il, plus efficace contre le puceron du melon, mais qui donne quand même d'assez bons résultats contre le puceron vert du pêcher; et *Aphidius ervi* qui constitue le meilleur choix pour lutter contre le puceron vert et rose de la pomme de terre.

***Hippodamia convergens* —**

- À la fois les stades adulte et larvaires de la coccinelle se nourrissent de pucerons. Une larve peut manger jusqu'à 400 pucerons et un adulte jusqu'à environ 5 000. Les coccinelles entrent en diapause lorsque les journées raccourcissent. Si la longueur du jour leur est favorable, les coccinelles se nourriront de pucerons pour maintenir leur activité de ponte. Les œufs sont fuselés, orangés et disposés en cercle à la face inférieure des feuilles. Ils éclosent en 2–5 jours.

- Le stade larvaire dure environ 3 semaines, après quoi les larves se transforment en pupes. Les adultes sortent des pupes après 3–5 jours. Pour accroître le pourcentage de coccinelles qui restent dans la serre, pulvériser un liquide sucré, telle une boisson gazeuse diluée, sur les insectes, et faire les lâchers tard en soirée. Ce liquide sucré est une source immédiate d'énergie et d'eau.

***Harmonia axyridis* —**

- Cette coccinelle est aussi appelée « coccinelle asiatique » ou « coccinelle asiatique multicolore ». L'adulte est ovale, convexe, long de 6 mm et de couleur variable. Le plus souvent, il est orangé avec des taches noires, ou peut être noir avec des taches rouges. Les œufs sont jaunes et pondus en grappes sur le revers des feuilles. Les larves sont habituellement noirâtres, ponctuées de taches jaune vif sur les côtés. À 25 °C, le cycle complet de l'œuf à l'adulte dure 16–20 jours. Les femelles vivent 2–3 mois et pondent chacune plusieurs centaines œufs durant leur vie. Les adultes et les larves sont voraces et dévoreraient 50–100 pucerons par jour.

Fausse-arpenteuse du chou

Description et cycle biologique

La fausse-arpenteuse du chou est une chenille vert pâle parcourue longitudinalement de plusieurs lignes blanches ondulées. Elle peut atteindre 4 cm de long. La façon dont elle se déplace en formant une boucle constitue une caractéristique de l'espèce. De minuscules fausses-arpenteuses sortent d'œufs de la grosseur de la tête d'une épingle. Ces œufs, blanc nacré et ronds, sont habituellement pondus sur le revers des feuilles. La fausse-arpenteuse du chou se nourrit principalement sur le revers des feuilles qu'elle macule d'excréments vert foncé en périphérie des zones dévorées. Ce stade larvaire nuisible dure environ 2 semaines, après quoi la larve mature amorce sa pupaison à l'intérieur d'un cocon tissé qui est attaché à la face inférieure d'une feuille. La pupe est d'abord vert pâle, puis devient de plus en plus foncée à mesure qu'approche la fin de la pupaison. Celle-ci peut aussi avoir lieu sous du plastique au sol ou dans le sol, le long des parois latérales. L'adulte sort des pupes après environ 2 semaines. Il est brun-gris avec une tache argenté qui ressemble à un « 8 » au centre de chaque aile antérieure. Le cycle biologique complet dure environ 28 jours.

En général, la fausse-arpenteuse du chou ne survit pas aux hivers canadiens, de telle sorte que les infestations commencent chaque année avec la migration des adultes en provenance du sud des États-Unis. Toutefois, si les conditions sont favorables, des individus peuvent survivre dans les serres d'une saison à l'autre (PLANCHE 64).

Dommages

Les dommages causés par les jeunes fausses-arpenteuses se reconnaissent aux petites zones mâchouillées superficiellement et arrachées sur le revers des feuilles. Au fur et à mesure que les fausses-arpenteuses grossissent, elles dévorent le parenchyme dans toute son épaisseur laissant des trous aux pourtours déchiquetés entre les nervures. La taille des trous est proportionnelle à la maturité des fausses-arpenteuses. Ces chenilles peuvent aussi se nourrir des fruits, bien qu'on les observe plus souvent sur le feuillage. Le gros des dommages est attribuable aux deux derniers stades larvaires.

Stratégies de lutte

On en détecte d'abord la présence à l'aide de pièges lumineux ou de pièges sexuels. Les pièges lumineux sont utiles durant les mois plus frais lorsque le risque d'attirer d'autres noctuelles nuisibles est amoindri. Les pièges sexuels peuvent servir à détecter la présence des papillons mâles. Voici un aperçu des principales méthodes de lutte :

- bonne hygiène entre les cultures afin de débarrasser la serre de toute population résiduaire et de prévenir ainsi les infestations précoces dans la nouvelle culture;
- utilisation de pièges lumineux pour tuer les adultes;
- pose de moustiquaires sur les orifices de ventilation et les portes afin d'empêcher les adultes d'entrer dans la serre;
- applications fréquentes de l'insecticide bactéricide *Bacillus thuringiensis* (Dipel, Foray), afin de cibler particulièrement les premiers stades larvaires;
- lâchers d'agents de lutte, notamment la guêpe parasite *Trichogramma* spp., qui s'attaque à l'œuf de la fausse-arpenteuse du chou, et une autre guêpe parasite, *Cotesia marginiventris*, qui s'attaque aux larves.

Punaise terne

Description et cycle biologique

La punaise terne adulte mesure 5–6 mm de long, est plate, de forme ovale, de couleur brun verdâtre et comporte une marque jaune en forme de « Y » sur le dos. Les individus des premiers stades ou stades nymphaux sont vert pâle et font penser à des pucerons, si ce n'est qu'ils se déplacent rapidement lorsqu'on les dérange. Tous les stades (sauf les œufs) de la punaise terne ont des stylets qu'ils utilisent pour percer les parties jeunes ou succulentes des végétaux et en extraire les jus. Ils se nourrissent d'une vaste gamme

d'hôtes, notamment de la plupart des cultures fruitières et légumières, et de nombreuses mauvaises herbes. Les adultes hivernent habituellement dans des zones protégées, dans les débris de végétaux à l'extérieur et en sortent au début du printemps, à la recherche de sites de ponte, comme ceux que leur offrent les cultures de serre. Lorsqu'ils trouvent un hôte convenable (dont le poivron et le concombre de serre), ils insèrent leurs œufs dans les tissus des plants. Des nymphes sortent des œufs après quelques jours. Elles passent par 5 stades nymphaux et complètent leur cycle biologique en environ 4 semaines, selon la température. Dans le sud-ouest de l'Ontario, on compte environ 3 générations de punaises ternes par année à l'extérieur des serres, et probablement quelques générations de plus dans les serres (PLANCHE 65).

Dommages

La punaise terne se nourrit des fleurs et des points végétatifs. Elle cause des dommages en perçant les tissus et en y injectant de la salive qui cause la mort ou la déformation des tissus. S'ensuivent la perte des points végétatifs, l'avortement des fleurs et la déformation des organes en formation, comme les feuilles, les fleurs et les fruits. La perte des points végétatifs donne, ce qui est d'ailleurs caractéristique, des plants buissonnants, notamment chez les poivrons, à cause de la croissance simultanée des pousses latérales. Les cultivars de poivron jaune semblent être particulièrement attrayants pour la punaise terne.

Stratégies de lutte

Le meilleur moyen de surveiller les populations de punaises ternes est de combiner l'utilisation de cartes jaunes encollées et l'inspection des cultures. Souvent, on trouve l'insecte sur les cartes avant d'en voir dans la culture. Le premier moyen de défense contre la punaise terne est le désherbage du périmètre de la serre, à compter de l'automne précédent. Cette opération décourage les populations d'hiverner aux alentours et de constituer une source d'infestation le printemps venu. Il faut donc garder les abords de la serre bien tondus. Il est aussi conseillé d'installer des moustiquaires à grosses mailles sur les orifices de ventilation pour empêcher les insectes de pénétrer dans la serre.

Lutte biologique

De bonnes populations de prédateurs généralistes comme *Orius* permettent de tenir la punaise terne en échec. Une guêpe parasite, *Anaphes iole*, s'attaque uniquement au stade de l'œuf et est vendue comme agent de lutte biologique. Il existe d'autres agents de lutte, encore à l'essai, qui pourront éventuellement élargir le choix d'agents de lutte biologique contre la punaise terne.

Lutte chimique

Un seul produit, le Thiodan, est homologué pour une utilisation sur les poivrons de serre. Dans la mesure du possible, faire des traitements localisés pour minimiser les répercussions sur le programme de lutte biologique.

Pyrale du maïs

Description et cycle biologique

La pyrale du maïs est nuisible à l'état de larve. Sa couleur va du gris à l'ocre, son dos comporte deux taches sombres et sa tête est d'un noir brunâtre. Ces chenilles passent l'essentiel de leur vie à s'alimenter à l'intérieur de leur hôte, c.-à-d. le fruit du poivron. À l'extérieur de la serre, l'individu au cinquième et dernier stade larvaire hiverne à l'automne dans les débris de maïs et parvient au stade adulte le printemps suivant. Il mesure alors environ 1,5–2,0 cm de long, a le corps brun clair marqué de bandes ondulées sombres et cherche des hôtes convenables, comme le maïs et le poivron. Il se met ensuite à pondre des œufs sur le revers des feuilles, par masses de 5–50 œufs qui ressemblent à de fines écailles de poissons. L'activité de ponte est favorisée par des soirées douces et calmes et une rosée qui dure toute la nuit. Immédiatement après l'éclosion, les minuscules larves se nourrissent quelque peu ou filent immédiatement une toile à laquelle elles se laissent

pendre jusqu'à ce qu'elles trouvent un poivron. Elles le percent, habituellement sous le calice, pénètrent dans le fruit et s'y installent pour se nourrir et accomplir leurs 5 mues. Après le dernier stade larvaire, la pupaison s'effectue soit à l'intérieur, soit à l'extérieur du fruit. La pyrale du maïs envahit normalement les cultures au printemps, en mai ou au début de juin. On compte deux générations de la pyrale du maïs dans le sud-ouest de l'Ontario et une seule génération ailleurs en Ontario (PLANCHE 66).

Dommages

De toutes les principales cultures de serre (tomate, concombre, poivron, laitue), seul le poivron sert d'hôte à la pyrale du maïs. Les fruits sont la cible de ce ravageur; les dommages aux feuilles sont inexistants ou sans conséquence. La larve pénètre dans le fruit et se nourrit de sa chair. En plus des dommages directs causés par son alimentation, le trou par lequel la pyrale pénètre dans le fruit est facilement envahi par la pourriture, ce qui aggrave la détérioration des tissus internes du fruit. Il peut être difficile de détecter une infestation précoce par la pyrale du maïs du fait que le trou creusé par la larve sous le calice peut passer inaperçu. Plus tard, l'infestation se manifeste par la coloration prématurée du fruit et la présence d'excréments brun clair autour du trou d'entrée. Pour en savoir plus long sur la pyrale du maïs, voir la fiche technique du MAAARO, *La pyrale du maïs dans le maïs de grande culture,* commande n° 97-022.

Stratégies de lutte

Surveillance et lutte culturale

Pour faire le dépistage des premiers vols de la pyrale du maïs au printemps, installer des pièges sexuels et des pièges à lumière noire. Les pièges lumineux attirent à la fois les mâles et les femelles; les pièges sexuels n'attirent pour leur part que les mâles. La lutte contre la pyrale du maïs commence avant tout par le nettoyage, l'automne précédent, des sites servant d'abris pendant l'hiver, comme les champs de maïs et les zones herbeuses.

Lutte physique

On peut limiter l'entrée des adultes dans la serre en installant des moustiquaires à mailles grossières sur les orifices de ventilation, les portes et autres ouvertures. Pour éloigner les adultes des serres, placer à l'extérieur de la serre, à au moins 10–20 m de celle-ci, des pièges à lumière ultraviolette qui attirent et tuent les adultes. Il faut prévoir pour ces pièges un dispositif de mise en marche par minuterie et un nettoyage périodique du mécanisme d'électrocution.

Lutte biologique

La guêpe parasite *Trichogramma brassicae* a donné certains résultats au cours d'essais effectués dans des champs de maïs. Il s'agit d'une guêpe minuscule qui s'attaque uniquement au stade de l'œuf et qui doit être répartie uniformément dans la culture pour un maximum d'efficacité. Son efficacité dans les poivrons de serre reste à établir.

Sciarides/éphydridés

Description et cycle biologique

La sciaride adulte, de couleur gris-noir, mesure environ 3–4 mm de long et possède de longues pattes, des antennes filiformes et de grands yeux composés qui se rejoignent à la base des antennes. L'adulte vole peu : on le voit fréquemment au repos, à la surface du substrat. Chaque femelle a une longévité d'environ 10 jours et pond quelque 150 œufs blancs et ovales dans la matière organique du milieu de culture. Ces derniers éclosent en 2–7 jours, selon la température, pour donner place à des larves blanches de 4–6 mm de long (PLANCHE 67).

Les larves ont 12 segments abdominaux et une tête noire luisante caractéristique. Les larves tissent des cocons et demeurent immobiles dans le sol pendant 4–6 jours, après quoi les mouches adultes en sortent. Les sciarides, comme la plupart des insectes, sont plus actives et se développent plus rapidement à des températures plus élevées. Le cycle biologique prend 21 jours à 24 °C, comparativement à 38 jours à 16 °C.

Attention de ne pas confondre les sciarides avec les éphydridés, un autre ravageur qu'on trouve fréquemment dans les serres, mais qui est toutefois plus gros, vole davantage et se distingue par 5 points transparents sur les ailes. Ses larves vivent dans le sol comme celles des sciarides, mais elles n'ont pas de capsule céphalaire noire, caractéristique de ces dernières. Les éphydridés préfèrent des conditions plus humides que les sciarides. On les trouve souvent dans des zones humides sous les banquettes où les adultes comme les larves se nourrissent d'algues.

Les éphydridés ne sont habituellement pas considérés comme une menace pour les cultures de serre, mais pourraient se nourrir des racines là où se pratique la recirculation de l'eau. La lutte contre les éphydridés passe par la maîtrise des algues, soit directement, par l'emploi de produits chimiques, soit indirectement, par un abaissement du taux d'humidité nécessaire à la prolifération des algues ou par une réduction de la forte luminosité nécessaire aux algues.

Dommages

- Bien que les sciarides se nourrissent généralement de matière organique en décomposition dans le sol, elles peuvent également se nourrir de jeunes racines de plantes, particulièrement lorsque les populations de sciarides sont importantes.
- Elles ont aussi déjà été observées en train de se nourrir de jeunes pousses de concombre.
- Le fait que les sciarides se nourrissent des racines rend les plantes affectées plus vulnérables aux maladies racinaires comme le pourridié pythien. D'ailleurs, les sciarides jouent un rôle dans la propagation d'organismes pathogènes comme *Pythium, Fusarium, Verticillium* et *Rhizoctonia*.

Stratégies de lutte

- L'hygiène dans la serre tout comme à l'extérieur est indispensable.
- Éviter l'arrosage excessif et assurer un bon drainage du milieu de culture pour empêcher la formation de flaques, car les sciarides et les éphydridés se plaisent dans un environnement humide.

Lutte biologique

Les agents de lutte biologique comprennent les acariens prédateurs, *Hypoaspis* spp., et le nématode parasite, *Steinernema feltiae*.

***Hypoaspis* —**

- *Hypoaspis* est un acarien brun vivant dans le sol qui se nourrit des œufs et des larves de sciarides ainsi que d'algues, de pupes de thrips, de collemboles, de nématodes et de larves d'un certain nombre de mouches et de coléoptères. *Hypoaspis* est un acarien vigoureux qui peut survivre environ 24 jours sans nourriture et qui n'est pas affecté par le manque de lumière. Son cycle biologique dure environ 9–11 jours dans une serre.
- On trouve *Hypoaspis* surtout dans le premier centimètre supérieur de substrat. L'efficacité d'*Hypoaspis* est optimale lorsqu'on l'intègre au substrat immédiatement après l'empotage, ou la mise en terre dans le cas des plantules de légumes; autrement dit, tandis que les populations de sciarides sont faibles ou inexistantes.

***Nématodes* —**

Le nématode *Steinernema feltiae* s'emploie surtout lorsque les populations de sciarides sont importantes. Les nématodes envahissent les larves de sciarides par leurs orifices, puis y libèrent des bactéries qui se multiplient et tuent les larves. Comme les nématodes seraient apparemment incapables de se reproduire une fois qu'ils ont envahi les larves de sciarides, plusieurs applications consécutives de nématodes sont nécessaires pour une lutte continue. Pour que la lutte au moyen de nématodes soit efficace :

- Remuer toutes les heures les solutions renfermant des nématodes afin d'oxygéner l'eau.
- Utiliser ces solutions dans les 4 heures qui suivent.
- Maintenir la température du substrat entre 16 et 30 °C.
- Toujours protéger le milieu de croissance des nématodes des rayons directs du soleil pour éviter la destruction des bactéries à l'intérieur du corps des nématodes.
- Maintenir le substrat à un pH de 3–8.
- S'assurer de la compatibilité des fongicides ou leur activité résiduelle avant de les appliquer sur le substrat ayant reçu ou destiné à recevoir des nématodes.

Mineuses

Description et cycle biologique

Il existe deux principales espèces de mineuses d'intérêt pour les producteurs de l'Ontario : la mineuse maraîchère (*Liriomyza sativae*) et la mouche mineuse américaine ou mouche sinueuse du chou (*Liriomyza trifolii*). Une troisième espèce, la mouche mineuse sud-américaine (*Liriomyza huidobrensis*), responsable de dommages graves dans d'autres parties du monde, a été signalée également en Ontario. Bien que la mineuse américaine puisse compléter son cycle biologique sur les tomates et les concombres, elle préfère les chrysanthèmes, gerberas et gypsophiles. Par contre, la mineuse maraîchère préfère les tomates, les concombres et le céleri, mais s'attaque aussi aux chrysanthèmes et à d'autres plantes en l'absence de ses hôtes préférées. La mouche mineuse sud-américaine possède un large éventail d'hôtes et peut aussi bien envahir des cultures de plein champ, notamment des cultures de crucifères, de laitue et de céleri. Les trois espèces de mineuses ont une apparence et une biologie similaires.

La mineuse adulte est petite (environ 3 mm de long) et possède des marques jaunes et noires sur la tête et le thorax. Les adultes deviennent actifs à l'aube. Les femelles s'alimentent des feuilles succulentes et tendres en perçant la surface de la feuille de leur ovipositeur et en léchant le liquide qui en exsude.

Les femelles commencent à pondre entre 12 et 24 heures suivant leur sortie de la pupe. Elles pondent approximativement 250 œufs durant leur vie d'environ 30 jours en déposant les œufs à raison de un œuf toutes les sept piqûres (« picots ») de la feuille. La température optimale pour le développement de la mineuse est de 30 °C. Plus la température s'écarte de 30 °C, au-dessus ou au-dessous, plus grande est la chute de la ponte. Après 2–4 jours, les œufs éclosent et les larves commencent à s'alimenter et à miner le tissu de la feuille (PLANCHE 68).

La maturation des larves exige de 4–7 jours (en fonction de la température) en été; elles découpent ensuite un trou à la surface de la feuille et tombent au sol. La pupaison se produit en l'espace de quelques heures et les pupes demeurent dans le sol ou sur la pellicule de plastique, le cas échéant. La pupaison peut également avoir lieu sur les feuilles. Le stade pupal peut durer 5–10 jours en été et jusqu'à 90 jours si les températures sont basses (10–12 °C) et que la nourriture est rare. Ce facteur peut expliquer la survie hivernale de l'insecte le long du périmètre intérieur de la serre, en dépit de l'absence de mineuses adultes. Une nouvelle génération de mouches adultes sort de ces pupes.

À l'intérieur d'une serre, il y a un chevauchement considérable des divers stades du cycle biologique de l'insecte. Le cycle complet de la mineuse peut s'effectuer en 14 jours à 30 °C, 24 jours à 20 °C, et 65 jours à 14 °C.

Dommages

- Les mineuses peuvent nuire indirectement au rendement des cultures en réduisant la surface de la plante servant à la photosynthèse et en endommageant les vaisseaux transportant l'eau, entraînant du coup la dessiccation et la chute des feuilles.

Stratégies de lutte

- Faire l'examen minutieux de tout nouveau matériel végétal introduit dans la serre.
- Détruire les plantules, boutures ou parties de plantes infestées.
- Faire le dépistage des populations d'insectes nuisibles à l'aide de plaquettes jaunes encollées et d'inspections régulières des cultures.
- Éliminer les mauvaises herbes à l'intérieur comme à l'extérieur de la serre. Les plantes adventices comme le chénopode blanc, le céraiste vulgaire, le pissenlit, le plantain, la mauve négligée et la morelle sont de bons hôtes pour la mineuse.
- Éviter de surfertiliser la culture, car un excès d'azote peut accroître les problèmes causés par la mineuse.
- Mettre les feuilles tombées dans des sacs et les sortir de la serre le plus tôt possible. Les larves de mineuses peuvent compléter leur développement dans les feuilles même une fois que celles-ci sont détachées du plant.

Lutte biologique

La lutte biologique repose sur deux guêpes parasites *Diglyphus isaea* et *Dacnusa sibirica*. La guêpe *Diglyphus* s'avère un meilleur choix l'été, puisqu'on bénéficie alors d'une augmentation naturelle de sa population du fait de la migration à l'intérieur de la serre d'individus de la même espèce présents dans l'écosystème environnant. L'hiver, la guêpe *Dacnusa* donne de meilleurs résultats.

***Diglyphus isaea* —**

- *Diglyphus* est une petite guêpe noire ayant des reflets vert métallique et de courtes antennes. Une fois qu'elle a localisé une galerie, la femelle paralyse d'abord la mineuse, puis insère tout près d'elle un œuf dans la feuille. Elle peut déposer jusqu'à 5 œufs de cette façon. Elle en pond une soixantaine durant sa vie. La larve qui éclôt est au départ incolore, puis devient jaune-brun et finalement turquoise. Le passage de l'œuf à l'adulte prend environ 11 jours à 25 °C, soit en général moins de temps que pour la mineuse et la guêpe *Dacnusa*.

- La guêpe *Diglyphus* peut parasiter des mineuses déjà parasitées par la guêpe *Dacnusa*, si bien qu'elle devient l'espèce dominante au cours de l'été lorsque les conditions de température sont propices à son activité. La présence de galeries courtes est un indice de l'activité de la guêpe *Diglyphus*, étant donné qu'une fois parasitée, la mineuse cesse immédiatement de s'alimenter.

***Dacnusa sibirica* —**

- L'adulte est une petite guêpe noire qui diffère de la guêpe *Diglyphus* par ses longues antennes souples et l'absence des reflets vert métallique. Contrairement à la femelle *Diglyphus*, la femelle *Dacnusa* insère un œuf dans le corps de la mineuse. Chaque femelle vit environ 2 semaines, période pendant laquelle elle peut pondre jusqu'à 90 œufs.

- Les œufs éclosent en 4 jours. Les larves viennent à maturité à l'intérieur des pupes de mineuse. Le passage de l'œuf à l'adulte prend environ 2 semaines à 22 °C. Toute la croissance de la guêpe *Dacnusa* se fait à l'intérieur du corps de la mineuse, ce qui rend difficile l'évaluation de l'activité du parasite.

Ravageurs sporadiques des cultures de serre

Fourmis

Elles sont facilement reconnaissables à leurs antennes coudées et à leur fine taille. Elles mesurent de 1,5 à 6 mm de long.

Dans les serres où des insectes produisent un miellat en s'alimentant et où les fleurs ont des nectaires, les fourmis peuvent présenter un problème car elles sont friandes de ces substances sucrées. Les pistes et les nids de fourmis repérés dans la serre ou aux abords de la serre doivent être traités. L'inondation des nids avec un savon insecticide et l'utilisation d'appâts renfermant de l'acide borique domestique donnent par ailleurs certains résultats.

Chenilles

De nombreux insectes ont un stade de croissance sous forme de chenilles susceptibles de causer des dégâts aux cultures de serre. C'est le cas des tordeuses, des enrouleuses, des légionnaires, des vers-gris, des arpenteuses, de certains vers et bytures, des pyrales, des sphinx, des lieuses et des perce-tiges. Les noctuelles adultes de ces chenilles sont pour la plupart attirées par la lumière des serres en été. De leurs oeufs proviennent les chenilles qui ravagent les cultures de serre.

- Les légionnaires et les vers-gris se nourrissent directement du feuillage et peuvent causer des dégâts considérables avant qu'ils ne soient détectés. Ces deux insectes sont de couleur brun foncé ou grise avec rayures longitudinales. Les vers-gris se terrent dans le sol durant le jour et sortent le soir pour se nourrir.
- On peut venir à bout des légionnaires et des vers-gris en utilisant les insecticides recommandés contre les chenilles.
- Les perce-tiges tachetés creusent dans les tiges des plantes et peuvent, en conséquence, être plus difficiles à détruire.
- Les pièges sexuels (à phéromones) peuvent être utilisés pour le dépistage de certaines espèces de papillons de nuit, tandis que les pièges lumineux permettent de détecter la présence d'un plus grand nombre d'espèces différentes.
- Il est préférable de faire le dépistage précoce de ces espèces et de commencer à les combattre sans tarder. La pose de moustiquaires sur les orifices de ventilation bloque l'entrée de tous les stades adultes des chenilles. Un bon programme de lutte contre les mauvaises herbes aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur des serres réduit par ailleurs les foyers d'infestation potentiels. Des applications d'un insecticide bactérien (Dipel ou Foray) assurent une bonne maîtrise des arpenteuses et de la plupart des chenilles défoliatrices qui ne sont pas des mineuses.

Sauterelles

Les sauterelles, facilement identifiables, envahissent occasionnellement les serres.

- Leur alimentation s'effectue sur presque tout type de végétation et, en grand nombre, elles peuvent détruire les plantes.
- Le foin et les mauvaises herbes près des serres peuvent occasionner une infestation de ces insectes, généralement vers la fin de l'été et en automne.

Acariens

Tarsonème du fraisier / Tarsonème trappu —
Le tarsonème du fraisier et le tarsonème trappu sont de taille microscopique, ne mesurant pas plus de 0,25 mm de long. On ne peut les voir sans grossissement. Les deux pattes postérieures de la femelle sont filiformes alors que celles du mâle ressemblent à des pinces.

- La femelle, de couleur brun pâle, dépose une centaine d'œufs, dont 80 % sont femelles, près du collet de la plante ou le long de la nervure médiane des feuilles non encore déployées. Ces acariens évoluent du stade larvaire à six pattes au stade nymphal quiescent à huit pattes de façon similaire aux tétranyques à deux points. Le cycle biologique complet, de l'œuf à l'adulte, dure environ 2 semaines mais varie en fonction de la température.

- Les premiers symptômes de dégâts sont habituellement la déformation du limbe ou le rabougrissement, la brûlure ou l'entortillement des boutons floraux et des fleurs. Des plages violacées apparaissent souvent sur le feuillage. Le tarsonème du fraisier se nourrit des tissus autour du collet des plantes ou des boutons floraux. Quoique le cyclamen soit habituellement la plante la plus gravement endommagée, cet acarien cause aussi des dégâts aux plantes vertes, aux plantes à massif, à d'autres potées fleuries et aux poivrons.

Phytopte des tomates —
L'insecte adulte mesure 0,2 mm de long et 0,05 mm de large. Vu sa petite taille, cet acarien passe souvent inaperçu jusqu'au moment où sa présence est nuisible. Les tiges, les feuilles et les fruits prennent alors une coloration beige ou bronzée à cause des fortes densités de population du phytopte (PLANCHE 69).

- La sécheresse semble particulièrement favorable aux phytoptes. Ces insectes peuvent compléter leur cycle biologique en 6 jours à 27 °C et à 30 % d'HR. Les femelles peuvent pondre environ 16 œufs au cours de leur vie, laquelle a une durée d'environ 3 semaines. Les phytoptes se nourrissent d'abord des tiges avant de s'attaquer aux feuilles.
- Les symptômes d'une infestation sont le jaunissement, l'enroulement et le flétrissement des feuilles, la perte des fleurs, la déformation des fruits, leur bronzage et leur fendillement. En l'absence d'un traitement adéquat, cet insecte peut faire mourir le plant.
- Les autres hôtes du phytopte comprennent la morelle et le pétunia, ainsi que plusieurs espèces appartenant à la famille de la tomate.
- Il n'existe aucune technique de dépistage précoce de ce ravageur. Une fois qu'il est établi dans une culture, il est facilement disséminé par les mains, le matériel et les vêtements.
- Aucune mesure de lutte biologique n'est recommandée pour l'instant. Les recherches menées à ce jour laissent croire que deux acariens prédateurs, *Amblyseius fallacis* et *Typhlodromus occidentalis*, pourraient s'avérer des agents de lutte utiles.

Escargots et limaces

Les limaces sont des êtres à corps mou de couleur gris foncé, d'une longueur variant de 1,3 à 10 cm. Elles glissent sur les plantes en laissant derrière elles une traînée luisante. Elles se nourrissent du feuillage de la plupart des plantes de serre, déchiquetant les feuilles et pouvant même détruire entièrement les plants.

Les escargots sont de coloration et d'apparence semblables à celles des limaces sauf que l'escargot transporte sa coquille en tout temps. Les coquilles ont des couleurs et des marques variées et mesurent de 1,3 à 5 cm de diamètre. Les escargots sont particulièrement préjudiciables aux jeunes plants.

- Ils percent des trous dans les fleurs et les feuilles de nombreuses plantes.
- À lui seul, un escargot peut pondre jusqu'à 100 œufs, selon l'espèce. Les limaces pondent moins d'œufs, quoique ceux-ci peuvent, en période de sécheresse, attendre longtemps avant d'éclore. Ils n'éclosent qu'une fois les conditions d'humidité rétablies.
- Escargots comme limaces ont besoin d'un milieu humide et d'une forte hygrométrie pour survivre. Ils fuient le soleil et sortent surtout la nuit ou par temps couvert. Le jour, les limaces se cachent sous des planches et des pierres ou à d'autres endroits qui leur procurent ombre et humidité. Si l'air ou le substrat est sec, l'escargot se recroqueville complètement dans sa coquille et entre dans une période de dormance qui peut durer jusqu'à 4 ans.
- Des producteurs soutiennent que certains nématodes parasites sont efficaces contre les limaces.
- On peut lutter indirectement contre ces organismes en s'employant à détruire ce qu'ils recherchent comme habitat. Voici donc certains conseils utiles :
  - — Éliminer planches, briques et autres objets en contact avec le sol ou les disposer de manière à ce que l'air puisse circuler tout autour.
  - — Maintenir une densité de peuplement qui permette aux rayons du soleil d'atteindre le sol, à l'air de circuler et au substrat de s'assécher.
  - — Si la culture ne se prête pas à une faible densité de peuplement, utiliser un couvre-sol qui ne plaît pas aux escargots, tel que copeaux de cèdre grossiers ou coquilles écrasées.
  - — Pourvu qu'ils restent secs, le bran de scie et la terre de diatomées peuvent constituer une barrière efficace.
- Différentes choses peuvent servir à attirer et à capturer les limaces et les escargots dans le but de les détruire par la suite.
  - — De la bière ou un mélange d'eau et de levure commerciale peut servir d'appât.
  - — Pour attirer un grand nombre de ces déprédateurs, on installe, à l'envers, soit des pots de fleurs renfermant des escargots et des limaces broyés, soit des moitiés de pamplemousses.
- La lutte chimique s'effectue à l'aide d'appâts toxiques faits de son et de métaldéhyde.
  - — Le métaldéhyde est toxique, et doit donc rester hors de portée des enfants et des animaux domestiques.

— Il y a de fortes chances que l'usage prolongé de ces appâts favorise l'apparition d'une résistance au sein de la population locale d'escargots et de limaces.

Cloportes

Les cloportes ont un corps ovale, gris et aplati, mesurant jusqu'à 13 mm de longueur, garni de sept paires de pattes. On reconnaît le cloporte commun à ses deux appendices en forme de queue, absents chez le cloporte vulgaire.

- Tous deux sont détritivores mais peuvent, à l'occasion, se nourrir des racines et des parties tendres des plantes, endommageant ainsi les plantules. Ils se nourrissent la nuit et se dissimulent le jour, préférant des endroits sombres et humides, riches en matières organiques.
- La stérilisation du sol et l'élimination de tout débris végétal en décomposition ainsi que de tout lieu humide contribueront à empêcher ces organismes de pulluler.
- Bon nombre des stratégies de lutte employées contre les limaces et les escargots sont également efficaces contre les cloportes.

Collemboles

Ces petits insectes dépourvus d'ailes, mesurent 2 à 6 mm de long. Ils peuvent être blancs, gris, jaunes, rouges, orangés, pourpres, bruns ou tachetés.

- On les retrouve habituellement à la surface du sol humide des pots ou dans le sol même.
- Ils possèdent un appareil tendu comme un ressort à l'extrémité de leur abdomen qui leur permet de sautiller en l'air.
- La plupart sont détritivores, se nourrissant de matière organique en décomposition, d'algues ou de champignons. Comme ils ne se nourrissent habituellement pas de matériel vivant, le recours à la lutte chimique est rarement justifié.

Chrysomèle rayée du concombre

Il s'agit d'un coléoptère jaune-vert mesurant environ 6 mm de long et caractérisé par trois rayures longitudinales. Cet insecte ainsi qu'une proche-parente, la chrysomèle maculée du concombre, sont vecteurs de la bactérie *Erwinia tracheiphila* qui provoque la flétrissure bactérienne dans les cultures de concombre et d'espèces apparentées comme le melon et la courge.

- La chrysomèle rayée du concombre hiverne au stade adulte sous les feuilles, les vieux rondins ou les déchets laissés à l'extérieur. Elle sort le printemps suivant, s'accouple et s'alimente pendant plusieurs semaines. Elle pond ses œufs jaune orangé dans le sol à la base des plants.
- Les larves éclosent habituellement 10 jours plus tard pour se nourrir des racines des plantes pendant 2–6 semaines. À maturité, les larves mesurent environ 9 mm de long. La pupaison se produit dans le sol. Les adultes sortent des pupes après environ 1 semaine. On ne compte qu'une génération de cet insecte par année en Ontario.
- Les adultes endommagent les plants en mâchouillant les feuilles, les tiges et les fruits. Le plus gros des dommages est toutefois attribuable à la bactérie responsable de la flétrissure qui habite leur tube digestif et qui résiste à l'hiver, protégée par le corps des chrysomèles en diapause. Au printemps, l'insecte inocule la maladie aux plantes en s'en nourrissant.
- Il n'y a aucun moyen de lutter contre la flétrissure une fois que la plante est infectée. Les feuilles inoculées flétrissent généralement dans les 5–6 jours et la plante meurt en moins de 2 semaines. La chrysomèle rayée du concombre peut aussi transmettre le virus de la mosaïque du concombre.
- L'idéal est d'installer des moustiquaires sur toutes les ouvertures de la serre pour empêcher les adultes d'y pénétrer.

Symphyles

On trouve les symphyles sous les pierres, dans le bois pourri et dans des sols humides et riches en matière organique en décomposition. Les symphyles sont de petits ravageurs blancs qui ressemblent à des mille-pattes. Ils ont un corps mince, long et blanc (1–5 mm de longueur), 10–12 paires de pattes ainsi que de longues antennes. (Les mille-pattes ont pour leur part 15 paires de pattes.)

- Contrairement aux milles-pattes qui sont des insectes utiles de type prédateurs et ont pour proies de nombreux insectes, les symphyles peuvent se nourrir quant à eux des racines des plantes. Dans de nombreuses cultures, les symphyles laissent derrière eux des marques noires minuscules sur les racines aux endroits où ils ont creusé des lésions hémisphériques. Les racines blessées se transforment en moignons épais, et la plante prend une apparence rabougrie.
- Les dommages que les symphyles infligent aux racines et aux poils absorbants constituent des points d'accès pour les maladies provoquant la pourriture des racines.

Mineuse de la tomate

La mineuse de la tomate est un insecte nuisible semi-tropical qui peut infester les cultures de tomates de l'Ontario. Ce déprédateur inflige des dommages aux plants en s'alimentant des feuilles et des fruits.

- La mineuse de la tomate peut aussi avoir comme hôte la pomme de terre et l'aubergine et, parmi les mauvaises herbes, la morelle et les espèces qui y sont apparentées.
- L'adulte est un petit papillon nocturne brun pâle d'environ 6 mm de long. Généralement plus actif la nuit, il pond le gros de ses œufs sur les feuilles les plus jeunes durant ses toutes premières nuits d'activité. Les larves nouvellement écloses se déplacent à la surface de la feuille pendant un très court laps de temps avant de pénétrer dans la feuille et de commencer à y creuser des galeries (PLANCHES 70, 71 et 72).
- Sur les quatre stades larvaires de la mineuse de la tomate, les deux premiers se passent dans la feuille. Les troisième et quatrième stades larvaires peuvent se passer entre deux feuilles tortillées ensemble, dans une feuille repliée sur elle-même ou à l'intérieur du fruit. Les larves ont cette caractéristique de pénétrer les fruits juste sous le calice.
- Les larves à maturité peuvent soit rester sur le plant, soit tomber au sol pour la pupaison. Au sol, la pupaison se produit normalement dans les 15 premiers centimètres de sol. La mineuse de la tomate n'entre pas en diapause, si bien qu'elle continue de se propager pendant toute l'année, ralentissant un peu ses activités pendant les périodes de froid. Le passage de l'œuf à l'adulte prend habituellement entre 19 et 70 jours, selon la température. Le cycle biologique complet dure 28 jours à 24 °C et aussi peu que 19 jours à 30 °C.

Les stratégies de lutte comprennent :

- l'inspection de toutes les plantules, à la recherche de dommages laissés par les larves;
- la destruction de tous les vieux plants infestés et des débris de cultures infestées;
- le dépistage de la mineuse de la tomate à l'aide de pièges sexuels ou lumineux et l'inspection régulière des cultures. Remarquer que les pièges sexuels attirent uniquement les mâles de la mineuse de la tomate, tandis que les pièges lumineux attirent des individus des deux sexes et de nombreuses autres espèces d'insectes;
- l'enlèvement à la main des feuilles endommagées et la destruction des larves à l'intérieur des galeries;
- la destruction des mauvaises herbes et des plantules de tomate dispersées à l'intérieur et aux abords de la serre;
- l'installation de moustiquaires sur les orifices de ventilation.

Pour plus d'information sur ce ravageur, voir la fiche technique du MAAARO, *La mineuse de la tomate : Cycle évolutif, stratégies de protection des tomates de serre,* commande n° 98-010.

Ravageurs vertébrés

Les rats et les souris peuvent être très préjudiciables dans la serre. Ils se nourrissent de n'importe quel type d'aliments et causent des dégâts en rongeant et en creusant.

- Le surmulot (ou rat d'égout) et le campagnol des champs sont les déprédateurs vertébrés les plus communs des serres. Les appâts renfermant des rodenticides à base de chlorophacinone, de diphacinone, de warfarine et de phosphure de zinc donnent certains résultats. Les trois premiers produits chimiques sont des anticoagulants qui nécessitent habituellement des doses multiples. Le phosphure de zinc n'est pas un anticoagulant et il est plus toxique; une seule dose peut suffire à tuer le rongeur.

- Il faut prendre soin de déposer les appâts sous des abris hors d'atteinte des animaux domestiques.
- Pour réduire au minimum les risques d'apparition d'une résistance aux rodenticides, particulièrement aux anticoagulants, voici les mesures à prendre :
  — Remiser tout ce qui peut constituer de la nourriture pour les rongeurs dans des contenants étanches.
  — Utiliser un grand nombre de pièges là où il y a des signes d'activité, à raison d'un piège tous les 2–3 m le long des parois de la serre.
  — Disposer les pièges à angle droit par rapport aux parois, avec l'appât et l'élément déclencheur près du mur.
  — Manipuler les appâts avec des gants pour éviter d'y laisser l'odeur de l'humain.
  — Faire l'essai de différents appâts. On suggère d'utiliser le beurre d'arachide mélangé à du son, des raisins secs, des gouttes de matière gommeuse ou de nourriture collante. Ajouter du coton comme matériel de nidification.
  — S'adjoindre plusieurs chattes comme auxiliaires de lutte, compte tenu du fait que les femelles ont tendance à être de meilleurs prédateurs que les mâles.

Nématodes parasites du système racinaire

Les nématodes ne constituent pas un problème de taille dans la culture hydroponique des légumes, mais il arrive qu'on en observe là où la propreté de la serre laisse à désirer.

Les nématodes qui parasitent les plantes sont de minuscules organismes (< 1 mm de long), semblables à des vers, qui vivent dans le substrat. On les divise en deux grands groupes : les ectoparasites (qui attaquent les plantes de l'extérieur) et les endoparasites (qui passent au moins une partie de leur cycle biologique à l'intérieur des tissus des plantes).

- Tous les nématodes parasites sont pourvus d'un stylet buccal qui leur sert à injecter de la salive dans les tissus des végétaux. Et c'est justement cette salive qui cause le plus de dommages et qui entraîne la nécrose des tissus ou la prolifération de cellules géantes produisant des galles.
- Les nématodes font du tort aux plantes essentiellement en minant leur capacité d'absorber l'eau et les éléments nutritifs. Dans les parties aériennes des plantes, la présence des nématodes se manifeste par des plants affaiblis qui se fanent au soleil, des feuilles jaunes ou vert pâle, et des fruits ou des fleurs rabougris.
- Lorsqu'on emploie des nématicides entre les cultures, les infestations de nématodes sont souvent récurrentes en raison de la pénétration insuffisante des produits chimiques dans les couches plus profondes du sol. Toujours aérer adéquatement les sols ainsi traités afin d'éviter des dommages ultérieurs aux plantes.

***Nématode des racines,* Pratylenchus penetrans *(Cobb)* —**
Nématode indigène des sols de l'Ontario, cet endoparasite peut s'attaquer à une vaste gamme de cultures florales et légumières en serre.

- Tous les stades sont filiformes et invisibles à l'œil nu.
- Le nématode envahit les tissus extérieurs des jeunes racines, provoquant de petites lésions brunes ou noires de forme elliptique qui se fusionnent pour décolorer les racines et les détruire.

***Nématode cédidogène du nord,* Meloidogyne hapla *(Chitwood)* —**
Il s'agit d'un autre nématode endoparasite, indigène des sols de l'Ontario. Il s'attaque à presque tous les genres de légumes et à de nombreuses cultures florales, notamment le rosier, la violette africaine et le géranium.

- Les premiers stades larvaires sont filiformes et invisibles, alors que les derniers stades et les adultes ont la forme d'une perle ou d'une arachide et sont à peine visibles lorsque séparés des racines.
- Ce nématode envahit les racines et y passe le reste de son existence pour former des renflements et des nodosités (ou galles) et entraîner la prolifération excessive des racines. Les racines infestées ne deviennent pas nécessairement décolorées sauf si elles sont attaquées par des bactéries et par des champignons.

***Nématode « dague »*, Xiphinema diversicaudatum *(Micoletzky)* —**
Il s'agit d'un nématode ectoparasite qui n'est pas indigène en Ontario, mais qui a été introduit dans les serres sur le matériel végétal. Le nématode dague préfère les plantes aux racines ligneuses et il est le plus souvent associé à des cultures comme celles du fraisier, de la vigne et du rosier.

- Le nématode habite les aisselles racinaires du porte-greffe.
- Étant l'un des plus gros nématodes à s'attaquer aux plantes, ce ver filiforme de 6 mm de long peut être observé à l'œil nu sur les racines si on regarde bien attentivement. Il se nourrit des jeunes racines tout en demeurant dans le sol et entraîne la formation de galles qui ne sont pas sans rappeler les galles qu'on retrouve sur les plants atteints de nodosité des racines sauf qu'elles sont plus grosses. Ces galles sont en fait un renflement incurvé du bout de la racine, accentué par la nécrose et le recroquevillement des racines au-dessus des galles.

***Nématode à stylet*, Paratylenchus projectus *(Jenkins)* —**
Ce nématode, qui est indigène en Ontario, s'attaque à une vaste gamme de cultures de serre (maraîchères et florales). Tous les stades de ce nématode sont filiformes et invisibles à l'œil nu.

- Cette espèce est active aussi bien dans les sols à texture fine (argile) que dans les sols à texture grossière (sable).
- Le nématode à stylet ne pénètre pas à l'intérieur des racines mais se nourrit des tissus situés au bout de celles-ci en piquant les poils absorbants et les cellules en surface. Aucun symptôme racinaire spécifique tel que galles ou lésions n'est apparent; toutes les plantes attaquées montrent dans leurs organes aériens des signes d'affection généraux.

***Nématode cédidogène du sud*, Meloidogyne incognita *(Kofoid et White)* —**
Ce nématode endoparasite n'est pas indigène en Ontario, mais la protection environnementale conférée par les serres lui permet d'y survivre. En hiver, il périt sans tarder hors de la serre. Surtout un problème chez la tomate et le concombre, il s'attaque également à un certain nombre de cultures florales ou de plantes vertes.

- Les dégâts aux racines et les symptômes se distinguent de ceux du nématode cécidogène du nord par la taille plus grosse des galles et l'absence de pilosité fine sur les galles.
- Les feuilles de la tomate peuvent manifester une carence en phosphore (coloration pourpre) sur leur face inférieure, et leur pourtour s'enroule parfois vers le bas; les plants de tomate et de concombre affectés flétrissent facilement.

***Nématodes parasites des parties aériennes* —**
Quelques nématodes s'attaquent au feuillage des plantes. Leur présence se manifeste par des symptômes s'apparentant à ceux de plusieurs maladies et carences nutritionnelles.

13. Pesticides homologués pour les légumes de serre

TABLEAU 13–1. Insectes et acariens nuisibles de la tomate

Pesticide	Dose	Ravageur	Délai de non-traitement avant récolte (jours)	Remarques
Ambush 240 EC	420 mL/1000 L	aleurodes	1	
Avid	30 mL/100 L	tétranyque à deux points, mineuse	3	Ne pas dépasser 5 applications/cycle cultural
Dibrom	10 mL/100 m^3 Appliquer non dilué aux tuyaux froids, puis les chauffer jusqu'à 41 °C et fermer la serre pendant au moins 4 heures	pucerons, tétranyques à deux points, aleurodes	1	Risque d'endommager les fleurs. Bien aérer la serre avant d'y retourner.
Dipel WP	250–500 g/400 L	fausse-arpenteuse du chou	0	
Foray 48B	80–200 mL/1000 m^2	fausse-arpenteuse du chou	0	
Fumée de nicotine	1 canette/300 m^3	pucerons, thrips	3	Bien aérer la serre avant d'y retourner.
Fumée de Parathion	1 canette/300 m^3	pucerons, chenilles, tétranyques, thrips, aleurodes, enrouleuses et tordeuses, sauterelles, punaise terne	1	Bien aérer la serre avant d'y retourner.
Impower	16 g/80 L d'eau/1000 plants	pucerons, aleurodes	3	Ne pas appliquer plus de 1 fois/saison. Risque jusqu'à un certain point de repousser les bourdons et de nuire aux insectes utiles.
Savon insecticide	1–2 L/100 L	pucerons, tétranyques à deux points, aleurodes, perce-oreilles, psylles		Risque d'endommager les fleurs si les températures sont élevées.
Thiodan 4 EC Thiodan 50 WP	1,25–1,5 L/1000 L 1–1,5 kg/ha	pucerons, aleurodes	2	
Vectobac	2–8 L /1000 L	sciarides	0	Ne pas mélanger ni appliquer avec des engrais ou des fongicides renfermant du cuivre ou du chlore, sous peine de neutraliser les ingrédients actifs.
Vendex 50W	50 g/100 L	tétranyques à deux points	5	

TABLEAU 13–2. Maladies de la tomate

Pesticide	Dose	Maladie	Délai de non-traitement avant récolte (jours)	Remarques
Benlate 50WP + Manzate WP	1,1 kg de Benlate + 2,25 kg de Manzate	moisissure grise *(Botrytis)*, moisissure olive	7	Ne pas appliquer plus de 2 fois sur une culture.
Botran 75WP	1,75 kg/1000 L	moisissure grise *(Botrytis)*	1	Le traitement par bassinage risque d'endommager les plantules.
Exotherm Termil	1 canette/100 m^3	moisissure grise *(Botrytis)*		Ne pas traiter lorsque la température de la serre est supérieure à 24 °C. S'assurer que tout le feuillage et tous les boutons sont secs. Aérer la serre pendant au moins 2 heures avant d'y retourner.
Maestro 80DF	1,25 kg/1000 L — appliquer 50–85 L/100 m^2	fonte des semis et autres maladies des plantules		
Manzate DF	2,4 kg/ha	brûlure alternarienne et brûlure tardive, tache septorienne	7	
Mycostop	Immédiatement après la transplantation : 10–50 mg/plant ou 20–100 mL/plant, avec une suspension de 0,05 %	*Fusarium*; maladies racinaires; pourriture de la tige	0	Répéter les traitements à intervalles de 3–6 semaines selon la pression exercée par la maladie.
No-Damp	10 mL/1 L	fonte des semis et autres maladies des plantules		
Nova	340 g/ha (1000 L d'eau/ha)	blanc	3	Ne pas dépasser 2 applications/année
Rovral 50WP	1 kg/1000 L	moisissure grise *(Botrytis)*	2	
Soufre (soufre microscopique Bartlett 92 %)	750 g/1000 L/ha	blanc	1	Ne pas dépasser 10 applications/cycle cultural. Risque d'endommager légèrement le feuillage.

TABLEAU 13–3. Insectes et acariens nuisibles du concombre

Pesticide	Dose	Ravageur	Délai de non-traitement avant récolte (jours)	Remarques
Ambush 240 EC ou Pounce EC	420 mL/1000 L 260 mL/1000 L	aleurodes	1	
Avid	30 mL/100 L	tétranyque à deux points, mineuse	3	Ne pas dépasser 5 applications/cycle cultural.
Dibrom	10 mL/100 m^3 Appliquer non dilué aux tuyaux froids, puis les chauffer jusqu'à 41 °C et fermer la serre pendant au moins 4 heures	pucerons, tétranyques, aleurodes, cochenilles, enrouleuses et tordeuses	1	Risque d'endommager les fleurs. Bien aérer la serre avant d'y retourner.
Dyno-Mite	284 g/ha 1000 L d'eau/ha	tétranyques à deux points	2	Ne pas dépasser 2 applications/cycle cultural. Appliquer à intervalles d'au moins 28 jours.
Foray 48B	80–200 mL/1000 m^2	fausse-arpenteuse du chou	0	
Fumée de nicotine	1 canette/300 m^3	pucerons, thrips	3	Bien aérer la serre avant d'y retourner.
Fumée de Parathion	1 canette/300 m^3	pucerons, chenilles, tétranyques, thrips, aleurodes, sauterelles, enrouleuses et tordeuses, punaise terne	1	Risque d'endommager les plantules de concombre. Bien aérer la serre avant d'y retourner.
Impower	16 g/80 L d'eau/ 1000 plants à maturité	pucerons, aleurodes	3	Ne pas appliquer plus de 1 fois/saison. Risque de nuire à certains insectes utiles.
Savon insecticide	1–2 L/100 L	pucerons, tétranyques à deux points, aleurodes, perce-oreilles, psylles		Risque d'endommager les plants si les températures sont élevées.
Thiodan 4 EC Thiodan 50 WP	1,25–1,5 L/1000 L 1–1,5 kg/ha	pucerons, aleurodes	2	
Vectobac	2–8 L/1000 L	sciarides	0	Ne pas mélanger ni appliquer avec des engrais ou des fongicides renfermant du cuivre ou du chlore, sous peine de neutraliser les ingrédients actifs.
Vendex 50W	50 g/100 L	tétranyques à deux points	3	

TABLEAU 13–4. Maladies du concombre

Pesticide	Dose	Maladie	Délai de non-traitement avant récolte (jours)	Remarques
Benlate 50WP + Manzate DF	550–850g de Benlate + 2,25 kg de Manzate	pourriture gommeuse de la tige, blanc	7	Ne pas appliquer plus de 2 fois sur une culture.
Mycostop	Immédiatement après la transplantation : 10–50 mg/plant ou 20–100 mL/plant, avec une suspension de 0,05 %	*Fusarium*; maladies racinaires; pourriture de la tige	0	Répéter les traitements à intervalles de 3–6 semaines selon la pression exercée par la maladie.
No-Damp	10 mL/1 L	fonte des semis et autres maladies des plantules		
Nova	340 g/ha	blanc, pourriture gommeuse de la tige	2	Ne pas appliquer plus de 6 fois/année.
Previcur	10 mL/10 L d'eau et appliquer cette solution à raison de 100–200 mL/plant. Utiliser la dose supérieure aux 2e et 3e applications.	pourridié pythien	14	Ne pas dépasser 3 applications/saison. Peut parfois endommager légèrement les plantules fraîchement mises en place à la suite d'un traitement par bassinage appliqué par aspersion.
Rovral	1 kg/1000 L	moisissure grise *(Botrytis)*, pourriture gommeuse de la tige	2	
Soufre microfin 92 (Zeneca)	150 g per 100 L	blanc	1	Risque de causer des dommages si le traitement est fait par temps chaud et humide.

TABLEAU 13–5. Insectes et acariens nuisibles du poivron

Pesticide	Dose	Ravageur	Délai de non-traitement avant récolte (jours)	Remarques
Avid	30 mL/100 L	tétranyque à deux points	3	
Basudin 500 EC ou Diazinon 500	230 mL/250 L/4000 m^2 0,575 L/625 L d'eau	pucerons	5	
Confirm	0.5 L/ha; appliquer dans 4000 L d'eau/ha	pyrale du maïs	3	S'assurer d'un bon recouvrement et appliquer à intervalles d'environ 7 jours. Ne pas dépasser 4 applications/année. Attendre 12 heures avant de retourner dans la serre.
Dipel WP	150–300 g/250 L/4000 m^2	fausse-arpenteuse du chou	0	
Dyno-Mite	284 g/ha	tétranyque à deux points	3	Ne pas dépasser 2 applications/année.
Foray 48B	80–200 mL/1000 m^2	fausse-arpenteuse du chou	0	
Fumée de nicotine	1 canette/300 m^3	pucerons, thrips	5	Bien aérer la serre avant d'y retourner.
Savon insecticide	1–2 L/100 L	pucerons, tétranyques, aleurodes, perce-oreilles, psylles	5	Risque d'endommager les plants si les températures sont élevées.
Thiodan 4 EC	1,25–1,5 L/1000 L	punaise terne, pucerons	2	Ne pas appliquer plus de 2 fois/saison.
Vectobac	2–8 L/1000 L	sciarides	0	Ne pas mélanger ni appliquer avec des engrais ou des fongicides renfermant du cuivre ou du chlore, sous peine de neutraliser les ingrédients actifs.

TABLEAU 13–6. Maladies du poivron

Pesticide	Dose	Maladie	Délai de non-traitement avant récolte (jours)	Remarques
Maestro 80DF	1,25 kg/1000 L (appliquer 50–85 L/100 m^2)	fonte des semis		
Mycostop	Immédiatement après la transplantation : 10–50 mg/plant ou 20–100 mL/plant, avec une suspension de 0,05 %	*Fusarium*; maladies racinaires; pourriture de la tige	0	Répéter les traitements à intervalles de 3–6 semaines selon la pression exercée par la maladie.
No-Damp	10 mL/1 L	fonte des semis et autres maladies des plantules		
Nova	340 g/ha dans 1500–3000 L d'eau/ha	blanc	3	Traiter le plus tôt possible suivant l'infection initiale, puis à nouveau 12 jours plus tard lorsque la pression exercée par la maladie le justifie. Ne pas dépasser 3 applications/cycle cultural. Attendre 12 heures avant de retourner dans la serre.

TABLEAU 13–7. Insectes et acariens nuisibles de la laitue

Pesticide	Dose	Ravageur	Délai de non-traitement avant récolte (jours)	Remarques
Foray 48B	80–200 mL/1000 m^2	fausse-arpenteuse du chou	0	
Fumée de nicotine	1 canette/300 m^3	pucerons, thrips	7	Bien aérer la serre avant d'y retourner.
Malathion 25W	2,75–5,5 kg/ha	pucerons, chenilles, tétranyques, thrips, aleurodes	en feuilles = 21 pommée = 7	Ne pas appliquer plus de 2 fois/saison.
Plantfume Parathion	1 canette/300 m^3	puceron vert du pêcher	7	Ne pas appliquer plus de 2 fois/saison. Bien aérer la serre avant d'y retourner.
Savon insecticide	1–2 L/100 L	pucerons, tétranyques, aleurodes, perce-oreilles, psylles		Risque d'endommager les plants si les températures sont élevées.
Thiodan 4 EC	1,25–1,5 L/1000 L	pucerons	14	Une seule application/culture; faire une brumisation à bas volume ou une pulvérisation à volume élevé.
Vectobac	2–8 L/1000 L	sciarides	0	Ne pas mélanger ni appliquer avec des engrais ou des fongicides renfermant du cuivre ou du chlore, sous peine de neutraliser les ingrédients actifs.

TABLEAU 13–8. Maladies de la laitue

Pesticide	Dose	Ravageur	Délai de non-traitement avant récolte (jours)	Remarques
No-Damp	10 mL/1 L	fonte des semis et autres maladies des plantules		
Rovral	1 kg/1000 L	moisissure grise *(Botrytis)*	14	

Annexes

ANNEXE A. Personnel-conseil du ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario

Spécialité	Personne	Adresse	Tél./téléc.	Courriel
spécialiste de la LI dans les légumes de serre	Gillian Ferguson	Centre de recherches sur les cultures abritées et industrielles 2585, route de comté 20 Harrow, ON N0R 1G0	Tél.: (519) 738-2251, poste 406 Téléc.: (519) 738-4564	gillian.ferguson @omafra.gov.on.ca
spécialiste des légumes de serre	Shalin Khosla	Centre de recherches sur les cultures abritées et industrielles 2585, route de comté 20 Harrow, ON N0R 1G0	Tél.: (519) 738-2251, poste 405 Téléc.: (519) 738-4564	shalin.khosla @omafra.gov.on.ca

Renseignements sur les cultures de serre : www.gov.on.ca/OMAFRA/french/crops/hort/greenhouse.html

ANNEXE B. Bureaux de contrôle des pesticides — Ministère de l'Environnement de l'Ontario

RÉGION Comté	RESPONSABLE DES PESTICIDES Adresse	Téléphone
Centre Toronto, Halton, Peel, York, Durham	**Charles Zubovits** 5775, rue Yonge, 8e étage Toronto, Ontario M2M 4J1	416 326-3671 Sans frais :1 800 810-8048 Téléc. : 416 325-6347
Centre-ouest Haldimand-Norfolk, Niagara, Hamilton-Wentworth, Dufferin, Wellington, Waterloo, Brant	**Paul McCubbin** Éd. du gouvernement de l'Ontario 119, rue King O., 12e étage Hamilton, Ontario L8P 4Y7	905 521-7667 Téléc. : 905 521-7820
Est Frontenac, Hastings, Lennox et Addington, Prince Edward, Leeds et Grenville, Prescott et Russell, Stormont/Dundas et Glengarry, Haliburton, Peterborough, Victoria, Northumberland, Renfrew, Ottawa-Carleton, Lanark, District du Nipissing (Cantons d'Airy, de Murchison, de Dickens, de Lyell et de Sabine)	**Andrew Morley** **Laurel Grills** 133, av. Dalton C.P. 820 Kingston, Ontario K7L 4X6	(613) 549-4000 Sans frais : 1 800 267-0974 Téléc. : (613) 548-6908
Sud-ouest Elgin, Middlesex, Oxford, Essex, Kent, Lambton, Bruce, Grey, Huron, Perth, Simcoe	**Doug Morrow** **Wray Lampman** 659, ch. Exeter, 2e étage London, Ontario N6E 1L3	(519) 873-5047 (519) 873-5048 Téléc. : (519) 873-5000
Nord Manitoulin, Nipissing, Parry Sound, Sudbury, Algoma (est), Cochrane (est), Muskoka Kenora, Rainy River, Thunder Bay, Algoma (ouest), Cochrane (ouest), Timmins	**John Negusanti** 199, rue Larch, Pièce 1101 Sudbury, Ontario P3E 5P9	(705) 564-3249 Téléc. : (705) 564-4180
	Don Mitchell 435, rue James S., Pièce 331 Thunder Bay, Ontario P7E 6S7	(807) 475-1712 Téléc. : (807) 475-1745
Direction de l'élaboration des normes	**Section des pesticides** 40, av. St. Clair O., 7e étage Toronto, Ontario M4V 1M2	416 327-5519 Téléc. : 416 327-2936
Direction des autorisations	**Autorisation des pesticides** 2, av. St. Clair O., Étage 12A Toronto, Ontario M4V 1L5	416 314-8001 Téléc. : 416 314-8452

ANNEXE C. Laboratoires d'analyse accrédités en Ontario

Les laboratoires suivants ont reçu l'accréditation du MAAARO pour effectuer les analyses de sol portant sur le pH, le pouvoir tampon du sol, P, K, Mg et l'azote nitrique.

A & L Canada Laboratories East, Inc.
2136, ch. Jetstream
London, Ontario N5V 3P5
Tél.: (519) 457-2575
Téléc.: (519) 457-2664
Site Web : www.al-labs-can.com
Courriel : aginfo@al-labs-can.com
Personnes-ressources : M. Greg Patterson
M. Ian McLachlin

Accutest Laboratories
146, ch. Colonnade, Unité 8
Nepean, Ontario K2E 7Y1
Tél.: (613) 727-5692
Téléc.: (613) 727-5222
Site Web : www.accutestlabs.com
Courriel : phaulena@accutestlabs.com
Personnes-ressources : M^me^ Lorna Wilson
M. Peter Haulena

Agri-Food Laboratories
503, ch. Imperial, Unité 1
Guelph, Ontario N1H 6T9
Tél.: (519) 837-1600, 1-800-265-7175
Téléc.: (519) 837-1242
Site Web : www.agtest.com
Courriel : lab@agtest.com
Personnes-ressources : M. Dale Cowan
M^me^ Nora Wilson

Soil and Nutrient Laboratory
(anciennement Analytical Services, Land Resource Science)
Université de Guelph
C.P. 3650, 95 ch. Stone Ouest
Guelph, Ontario N1H 2W1
Tél.: (519) 767-6226
Téléc.: (519) 767-6240
Courriel : vkerslak@lsd.uoguelph.ca
Personne-ressource : M^me^ Virginia Kerslake

Stratford Agri Analysis Inc.
(Une entreprise Daco Laboratories Ltd.)
1131, rue Erie, C.P. 760
Stratford, Ontario N5A 6W1
Tél.: (519) 273-4411, 1-800-323-9089
Téléc.: (519) 273-4411
Courriel : saa@dacolabs.com
Personnes-ressources : M. Dale Peters
M. Gary Roberts
M. Keith Lemp

Agriculture et agroalimentaire Canada — Centres de recherches

Centre de recherches de l'Est sur les céréales et les oléagineux

960 av. Carling
Ottawa K1A 0C6
Tél. : (613) 759-1952
http://res2.agr.ca/ecorc/bienvenu.htm

Centre de recherches sur les cultures abritées et industrielles

Harrow N0R 1G0
Tél. : (519) 738-2251
http://res2.agr.ca/harrow

Centre de recherches du Sud sur la phytoprotection et les aliments

http://res2.agr.ca/london/pmrc/francais/index_f.html
1391, rue Sandford
London N5V 4T3
Tél. : (519) 457-1470

Ferme de recherches de Vineland

4902, av. Victoria Nord
Vineland L0R 2E0
Tél. : 905 562-4113

Ferme de recherches de Delhi

C.P. 186, ch. Schafer
Delhi N4B 2W9
Tél. : (519) 582-1950

Agence Canadienne d'inspection des aliments — Phytoprotection www.cfia-acia.agr.ca

Belleville
345, rue College Est
Belleville K8N 5S7
Tél. : (613) 969-3333

Brantford
Édifice fédéral, angle Dalhousie et Queen
C.P. 637, Brantford N3T 5P9
(519) 751-8157

Hamilton
709, rue Main Ouest, Pièce 101
Hamilton L8S 1A2
Tél. : 905 572-4152

London
457, rue Richmond, Pièce 404
London N6A 3E3
Tél. : (519) 645-4021

Niagara Falls
Adresse postale : C.P. 35
Niagara Falls L2E 6S8
Adresse civique : 4551, av. Zimmerman
Niagara Falls L2E 3M5
Tél. : 905 357-5981

District d'Ottawa
3, cr. Observatory
Édifice 3, Ferme expérimentale centrale
Ottawa K1A 0C9
Tél. : (613) 759-1571

Toronto
401, prom. Champagne, Unité 1
Downsview M3J 2C6
Tél. : 416 954-1714

Windsor
441, av. University Ouest, Pièce 208
Windsor N9A 5P9
Tél. : (519) 252-7095

Université de Guelph

Campus principal
Guelph N1G 2W1
Tél. : (519) 824-4120
www.uoguelph.ca

Collège d'Alfred
Alfred K0B 1A0
Tél. : (613) 679-2218
www.alfredc.uoguelph.ca

Collège de Kemptville
Kemptville K0G 1J0
Tél. : (613) 258-8336
www.kemptvillec.uoguelph.ca

Collège de Ridgetown
Ridgetown N0P 2C0
Tél. : (519) 674-1500
www.ridgetownc.uoguelph.ca

Département de l'Agronomie

www.plant.uoguelph.ca

Département de l'Agronomie, Kettleby
1125, Woodchopper's Lane, R.R. 1
Kettleby L0G 1J0
Tél. : 905 775-3783

Département de l'Agronomie, Simcoe
C.P. 587, ch. Blue Line
Simcoe, N3Y 4N5
Tél. : (519) 426-7127

Département de l'Agronomie, Vineland
C.P. 7000, 4890 av. Victoria Nord
Vineland Station L0R 2E0
Tél. : 905 562-4141

Division des services de laboratoire

www.uoguelph.ca/labserv

Pesticides et microcontaminants
C.P. 3650
95, ch. Stone Ouest
Guelph N1H 8J7
Tél. : (519) 767-6200

Clinique de diagnostic phytosanitaire
Tél. : (519) 767-6256

Les échantillons destinés au diagnostic de maladies, à l'identification d'insectes ou de mauvaises herbes ou au dépistage de nématodes ou du champignon *Verticillium* peuvent être expédiés à la :

Clinique de diagnostic phytosanitaire
Division des services de laboratoire
Université de Guelph
95, ch. Stone O.
Guelph (Ontario) N1H 8J7
Tél. : (519) 767-6256
Téléc. : (519) 767-6240
Courriel : pdc@lsd.uoguelph.ca

Les échantillons pour fins d'analyse doivent être accompagnés du paiement.

Libeller le chèque au nom de *University of Guelph*. Tous frais supplémentaires seront facturés au moment de la préparation du rapport final. VISA et Master Card sont aussi acceptées. Ne pas envoyer d'argent comptant par la poste.

Comment prélever les échantillons destinés au dépistage de nématodes

Sol

Époque du prélèvement

Les échantillons de sol et de racines peuvent être prélevés à n'importe quel temps, pourvu que le sol ne soit pas gelé. En Ontario, les niveaux de population des nématodes dans le sol sont généralement le plus élevés en mai-juin puis, de nouveau, en septembre-octobre.

Mode de prélèvement

Les échantillons devraient être prélevés à l'aide d'un tube de prélèvement, d'un transplantoir ou d'une pelle à lame étroite. Prélever les échantillons de sol à une profondeur de 20-25 cm (8-10 po). Si le sol est à nu, enlever le sol sur 2 cm (1 po) avant de prélever les échantillons. Tout échantillon doit réunir au moins 10 sous-échantillons, qu'on mélange et dont on ne conserve que 1/2 à 1 L (1 chopine à 1 pinte). Aucun échantillon ne doit représenter plus de 2,5 ha (6,25 acres). Les sous-échantillons devraient être mélangés dans un seau propre ou un sac de plastique.

Endroit du prélèvement

Si la zone de prélèvement contient des plantes cultivées vivantes, les prélèvements devraient se faire dans le rang au niveau de la zone des poils absorbants (pour les arbres, à la périphérie du feuillage).

Nombre de sous-échantillons

Selon la superficie totale échantillonnée :

500 m^2 (5 400 pi^2)	10 sous-échantillons
500 m^2–0,5 ha (5 400 pi^2–1,25 ac)	25 sous-échantillons
0,5–2,5 ha (1,25–6,25 ac)	50 sous-échantillons

Racines

Pour les petites plantes, échantilloner tout le système racinaire plus le sol qui y adhère. Pour les grosses plantes, il faut prélever 10-20 g (1/2-1 oz) en poids frais dans la zone des poils absorbants.

Zones atteintes

Des échantillons de sol et de racines doivent être prélevés en périphérie de la zone atteinte, là où les plants sont encore vivants. Dans la mesure du possible, prélever aussi dans le même champ des échantillons provenant de zones saines. Soumettre si possible des échantillons de racines et de sol provenant à la fois des zones atteintes et des zones saines dans le même champ..

GRILLE DES TARIFS

Intervention	Prix/échantillon
Maladies des plantes	
Diagnostic sans culture sur gelose	25 $
Diagnostic avec culture sur gelose	40 $
Diagnostic de gazon	50 $
Identification de bactéries à l'aide de Biolog©	95 $
Dépistage de virus par microscopie électronique à transmission	85 $
Dépistage de virus à l'aide d'ELISA (Délai d'exécution = 5 jours ouvrables)	60 $
Dépistage de virus à l'aide d'ELISA (URGENCE : délai d'exécution de 24 h. Service offert pour tout échantillon reçu du lundi au jeudi. Les frais pour chaque échantillon additionnel sont de 20,00 $. Le test ELISA ne s'applique pas à tous les virus. Communiquer avec le laboratoire.)	120 $ (pour 1-6 échantillons)
Identification des mauvaises herbes	**40 $**
Insectes	
Identification simple	25 $
Identification nécessitant dissection ou clés élaborées	40 $
Numérations des nématodes et de Verticillium	**Prix/échantillon**
Nématodes extraits du sol (méthode Bearman Pan)	25 $
Numération de kystes NKS + dénombrement des oeufs	35 $
Nématodes extraits de racines	60 $
Numération de Verticillium	60 $

La somme de 25,00 $ devrait accompagner chaque échantillon pour couvrir les frais minimums.

Manipulation des échantillons

Échantillons de sol
Les placer dans des sacs de plastique dès que possible après le prélèvement.

Échantillons de racines
Les placer dans des sacs de plastique et les recouvrir de sol humide prélevé au même endroit.

Entreposage
Entreposer les échantillons à des températures de 5-10 °C (40-50 °F). Ne pas les exposer aux rayons du soleil ou à des températures extrêmement chaudes ou froides (congélation). Seuls les nématodes vivants peuvent être comptés. **Pour que la numération soit juste, il faut manipuler les échantillons avec toutes les précautions nécessaires.**

Plantes présentées pour identification de maladie ou diagnostic

Formulaires de demande d'analyse
On peut se procurer les formulaires auprès d'un bureau régional du MAAARO. Prendre soin de bien remplir chacune des sections du formulaire. Dans l'espace prévu, dessiner les symptômes les plus évidents et la forme que prend la zone atteinte dans le champ. Il est important d'indiquer les cultures qui ont occupé cette zone pendant les 3 dernières années et les pesticides qui ont été employés au cours de l'année.

Choisir un échantillon complet et représentatif montrant les premiers symptômes. Présenter un échantillon aussi complet que possible de la plante, y compris le système racinaire ou plusieurs plants montrant une gamme de symptômes. Pour le gazon, présenter une plaque de 10-15 cm^2, y compris le chaume et au moins 5 cm de sol. L'échantillon devrait être prélevé sur le périmètre extérieur de la zone atteinte; il devrait contenir à la fois du gazon sain et malade ainsi que la zone d'intersection. Si les symptômes sont généraux, prélever l'échantillon dans une zone où les dommages sont intermédiaires. **Les matières complètement mortes sont habituellement inutiles à des fins de diagnostic.** Les spécimens de plantes présentés à des fins d'identification devraient comporter au moins une portion de 20-25 cm de la partie supérieure de la tige et des bourgeons latéraux, des feuilles, des fleurs ou des fruits dans un état qui permet de les identifier. Envelopper les plants dans du papier journal et les mettre dans un sac de plastique. Il faut placer le système racinaire dans un sac de plastique séparé, bien attaché, pour éviter le dessèchement et la contamination des feuilles par le sol. NE PAS ajouter d'eau, de façon à ne pas encourager la décomposition durant le transport. Coussiner les spécimens et les emballer dans une boîte rigide pour éviter les dommages durant le transport. Éviter de laisser des spécimens exposés à des températures extrêmes dans un véhicule ou dans un endroit où ils pourraient se détériorer.

Envoi des échantillons
Les expédier le plus tôt possible, pourvu que ce soit en début de semaine, par courrier de première classe ou par service de messagerie, à la Clinique de diagnostic phytosanitaire.

Spécimens d'insectes présentés pour identification

Prélèvement des échantillons
Placer les cadavres d'insectes et d'araignées à corps dur dans des éprouvettes cu des boîtes en prenant soin d'entourer celles-ci de papier-mouchoir ou de ouate. Dans le cas des insectes à corps mou et des chenilles, les placer dans des éprouvettes contenant de l'alcool. Ne pas utiliser d'eau, car elle ferait pourrir le spécimen. Pour l'expédition, il ne faut pas fixer les insectes sur du papier au moyen de ruban gommé ni les laisser libres dans une enveloppe.

Placer les insectes vivants dans un contenant renfermant suffisamment de végétaux pour les nourrir pendant le transport. S'assurer d'inscrire la mention « vivant » sur le contenant.

Unités métriques

Unité de longueur

10 millimètres (mm)	=	1 centimètre (cm)
100 centimètres (cm)	=	1 mètre (m)
1 000 mètres	=	1 kilomètre (km)

Unités de surface

100 m x 100 m = 10 000 m^2	=	1 hectare (ha)
100 ha	=	1 kilomètre carré (km^2)

Unités de volume

Solides

1 000 millimètres cubes (mm^3)	=	1 centimètre cube (cm^3)
1 000 000 cm^3	=	1 mètre cube (m^3)

Liquides

1 000 millilitres (mL)	=	1 litre (L)
100 L	=	1 hectolitre (hL)

Équivalences poids-volume (pour l'eau)

(1,00 kg) 1 000 grammes	=	1 litre (1,00 L)
(0,50 kg) 500 g	=	500 mL (0,50 L)
(0,10 kg) 100 g	=	100 mL (0,10 L)
(0,01 kg) 10 g	=	10 mL (0,01 L)
(0,001 kg) 1 g	=	1 mL (0,001 L)

Unités de poids

1 000 milligrammes (mg)	=	1 gramme (g)
1 000 g	=	1 kilogramme (kg)
1 000 kg	=	1 tonne (t)
1 mg/kg	=	1 partie par million (ppm)

Équivalences solides-liquides

1 cm^3	=	1 mL
1 m^3	=	1000 L

Conversion des taux d'application

Du métrique à l'impérial (approximations)

litres à l'hectare x 0,09	=	gallons à l'acre
litres à l'hectare x 0,36	=	pintes à l'acre
litres à l'hectare x 0,71	=	chopines à l'acre
millilitres à l'hectare x 0,015	=	onces liquides à l'acre
grammes à l'hectare x 0,015	=	onces à l'acre
kilogrammes à l'hectare x 0,89	=	livres à l'acre
tonnes à l'hectare x 0,45	=	tonnes impériales à l'acre

De l'impérial au métrique (approximations)

gallons à l'acre x 11,23	=	litres à l'hectare (L/ha)
pintes à l'acre x 2,8	=	litres à l'hectare (L/ha)
chopines à l'acre x 1,4	=	litres à l'hectare (L/ha)
onces liquides à l'acre x 70	=	millilitres à l'hectare (mL/ha)
tonnes à l'acre x 2,24	=	tonnes à l'hectare (t/ha)
livres à l'acre x 1,12	=	kilogrammes à l'hectare (kg/ha)
onces à l'acre x 70	=	grammes à l'hectare (g/ha)

Équivalences liquides (approximations)

litre/hectare		*gal/acre*
50	=	5
100	=	10
150	=	15
200	=	20
250	=	25
300	=	30

Équivalences de poids

g ou kg/ha		*oz ou lb/acre*
100 grammes	=	1 1/2 once
200 grammes	=	3 onces
300 grammes	=	4 1/4 onces
500 grammes	=	7 onces
700 grammes	=	10 onces
1,10 kilogramme	=	1 livre
1,50 kilogramme	=	1 1/4 livre
2,00 kilogrammes	=	1 3/4 livre
2,50 kilogrammes	=	2 1/4 livres
3,25 kilogrammes	=	3 livres
4,00 kilogrammes	=	3 1/2 livres
5,00 kilogrammes	=	4 1/2 livres
6,00 kilogrammes	=	5 1/4 livres
7,50 kilogrammes	=	6 3/4 livres
9,00 kilogrammes	=	8 livres
11,00 kilogrammes	=	10 livres
13,00 kilogrammes	=	11 1/2 livres
15,00 kilogrammes	=	13 1/2 livres

Conversions métriques

5 mL	=	1 cuil. à thé
15 mL	=	1 cuil. à soupe
28,5 mL	=	1 once liquide

Table de conversion — Du métrique à l'impérial

Longueur		
1 millimètre (mm)	=	0,04 pouce
1 centimètre (cm)	=	0,40 pouce
1 mètre (m)	=	39,40 pouces
1 mètre (m)	=	3,28 pieds
1 mètre (m)	=	1,09 verge
1 kilomètre (km)	=	0,62 mille
Surface		
1 centimètre carré (cm^2)	=	0,16 pouce carré
1 mètre carré (m^2)	=	10,77 pieds carrés
1 mètre carré (m^2)	=	1,20 verge carrée
1 kilomètre carré (km^2)	=	0,39 mille carré
1 hectare (ha)	=	107 636 pieds carrés
1 hectare (ha)	=	2,5 acres
Volume (solides)		
1 centimètre cube (cm^3)	=	0,061 pouce cube
1 mètre cube (m^3)	=	1,31 verge cube
1 mètre cube (m^3)	=	35,31 pieds cubes
1 000 mètres cubes (m^3)	=	0,81 acre-pied
1 hectolitre (hL)	=	2,8 boisseaux
Volume (liquides)		
1 millilitre (mL)	=	0,035 once liquide
1 litre (L)	=	1,76 chopine
1 litre (L)	=	0,88 pinte
1 litre (L)	=	0,22 gallon (imp.)
1 litre (L)	=	0,26 gallon (U.S.)
Poids		
1 gramme (g)	=	0,035 once
1 kilogramme (kg)	=	2,21 livres
1 tonne (t)	=	1,10 tonne courte (ou tonne impériale)
1 tonne (t)	=	2 205 livres
Pression		
1 kilopascal (kPa)	=	0,15 livre/pouce carré
Vitesse		
1 mètre par seconde	=	3,28 pieds à la seconde
1 mètre par seconde	=	2,24 milles à l'heure
1 kilomètre par heure	=	0,62 mille à l'heure
Température		
°F	=	(°C X 9/5) + 32

Table de conversion — De l'impérial au métrique

Longueur		
1 pouce	=	2,54 cm
1 pied	=	0,30 m
1 verge	=	0,91 m
1 mille	=	1,61 km
Surface		
1 pied carré	=	0,09 m^2
1 verge carrée	=	0,84 m^2
1 acre	=	0,40 ha
Volume (solides)		
1 verge cube	=	0,76 m^3
1 boisseau	=	36,37 L
Volume (liquide)		
1 once liquide (imp.)	=	28,41 mL
1 chopine (imp.)	=	0,57 L
1 gallon (imp.)	=	4,55 L
1 gallon (U.S.)	=	3,79 L
Poids		
1 once	=	28,35 g
1 livre	=	453,6 g
1 tonne imp.	=	0,91 tonne (métrique)
Pression		
1 livre au pouce carré	=	6,90 kPa
Température		
°C	=	(°F – 32) x 5/9

Abréviations

%	= pourcent (en poids)	km	= kilomètre
AP	= poudre à usage agricole	L	= litre
cm	= centimètre	m	= mètre
cm^2	= centimètre carré	m.a.	= matière active
DG	= granulé dispersable	m/s	= mètres à la seconde
DP	= poudre dispersable	m^2	= mètre carré
E	= émulsion	mL	= millilitre
EC	= concentré émulsifiable	mm	= milimètre
F	= pâte fluide	p. ex.	= par exemple
g	= gramme	SC	= concentré à pulvériser
Gr	= granulé	SP	= poudre soluble
ha	= hectare	t	= tonne (métrique)
kg	= kilogramme	W	= poudre (mouillable)
km/h	= kilomètre à l'heure	WDG	= granulé dispersable dans l'eau
kPa	= kilopascal	WP	= poudre mouillable

Planches couleurs

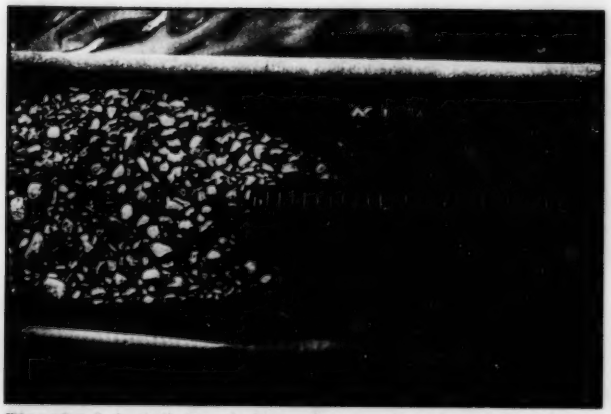


Planche 1. Installation de base d'un système fermé de culture sur laine de roche

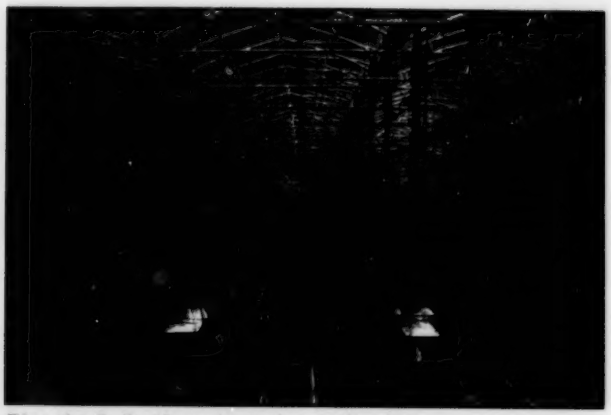


Planche 2. Système de rigoles surélevées

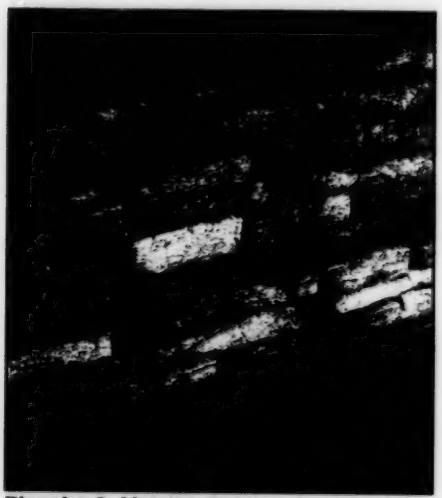


Planche 3. Matelas de laine de roche prêts pour la stérilisation à la vapeur

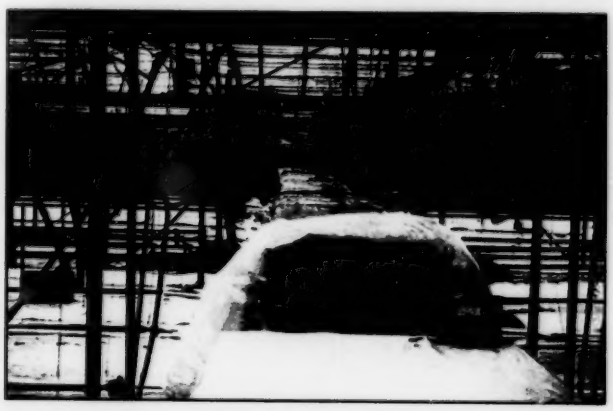


Planche 4. Vapeur pénétrant dans les matelas de laine de roche

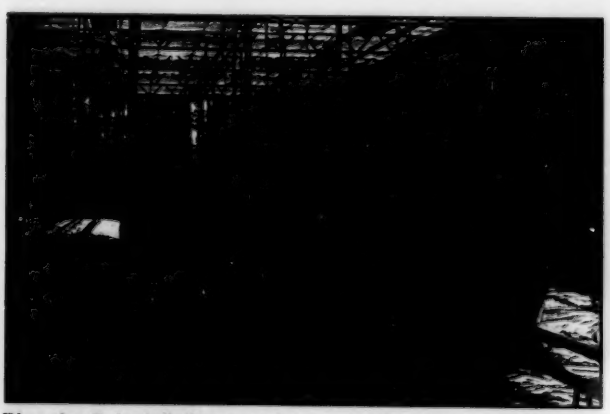


Planche 5. Installation pour la germination des semences

Planche 6. Production des plants

Planche 7. Développement des fleurs — pédoncule légèrement allongé, nécessitant un support

Planche 8. Grappe fendue — faible température nocturne au début de la formation du bouton

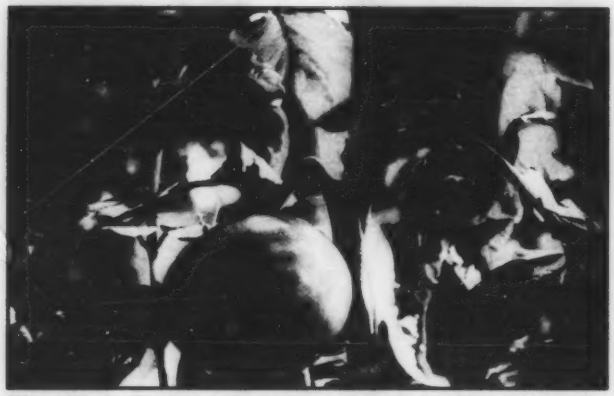


Planche 9. Grappe trop longue causant la déformation du pédoncule

Planche 10. Grappe supportée pour empêcher la déformation du pédoncule

Planche 11. Bourdon visitant une fleur de tomate

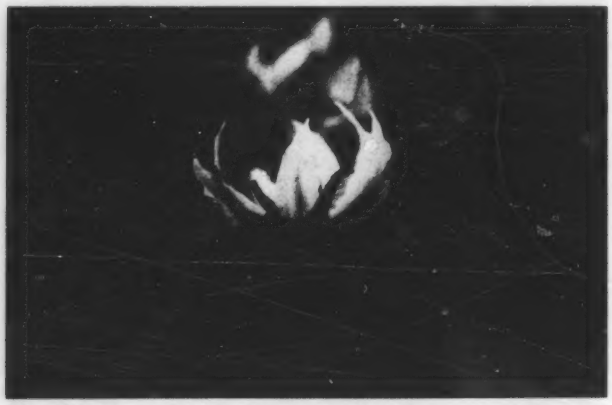


Planche 12. Traces laissées par un bourdon sur une fleur de tomate; signe d'une bonne pollinisation

Planche 13. Première ramification et première fleur (fleur centrale) d'un jeune plant de poivron

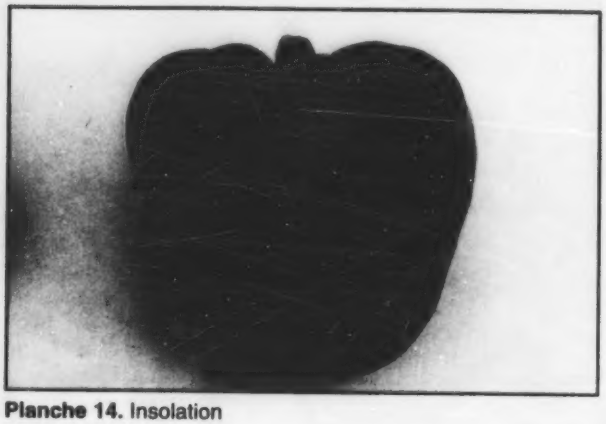


Planche 14. Insolation

Planche 15. Symptômes d'insolation à la surface d'un poivron surexposé au soleil à cause d'un feuillage insuffisant

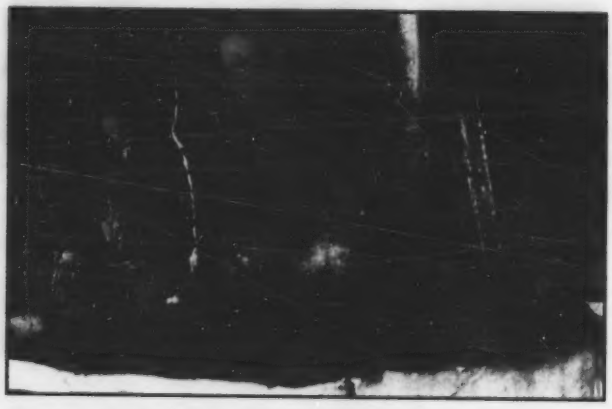


Planche 16. Pied d'éléphant (« elephant's foot)

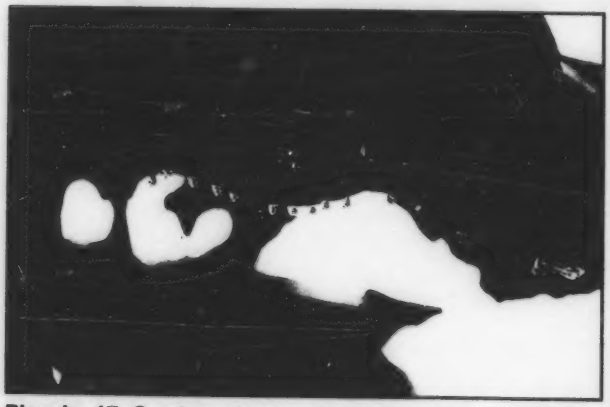


Planche 17. Condensation provoquée par une forte humidité dans la serre et propice à la pourriture gommeuse de la tige, aux infections par *Botrytis* et à la pourriture pénicillienne de la tige

Planche 18. Fonte des semis

Planche 19. Pourriture fusarienne du collet et des racines

Planche 20. Moisissure grise

Planche 21. Tache spectrale

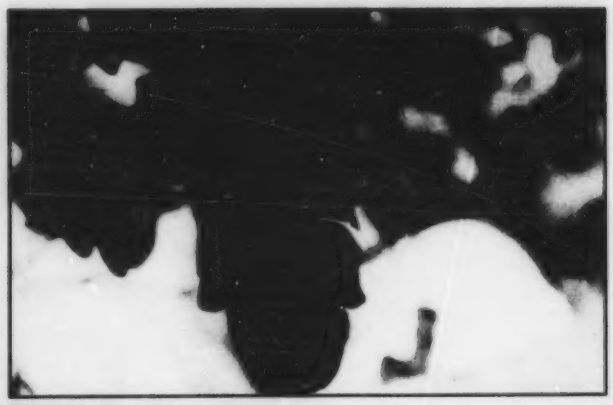


Planche 22. Oïdium (blanc)

Planche 23. Oïdium (blanc)

Planche 24. Chancre — un seul côté flétri

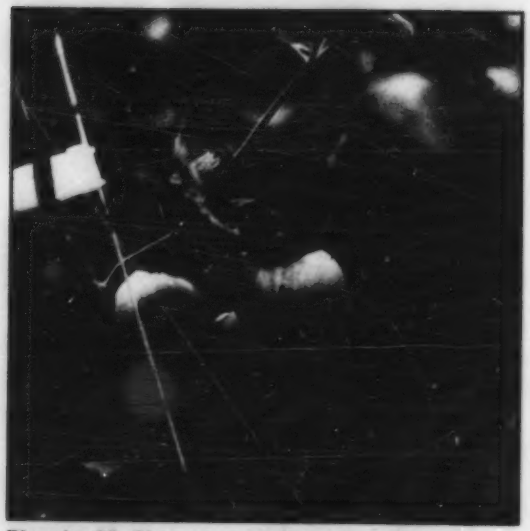


Planche 25. Chancre — marbrure du fruit

Planche 26. Pourriture bactérienne de la tige

Planche 27. Pourriture apicale

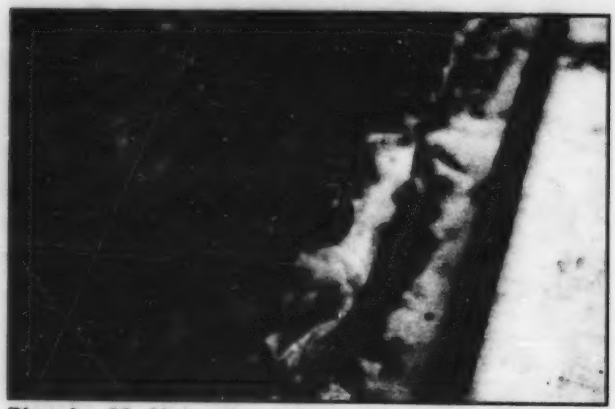


Planche 28. Maturation inégale due à une carence en potassium

Planche 29. Carence en magnésium

Planche 30. Stress climatique nuisant au déplacement du Ca et du K vers le pourtour des feuilles

Planche 31. Carence en fer

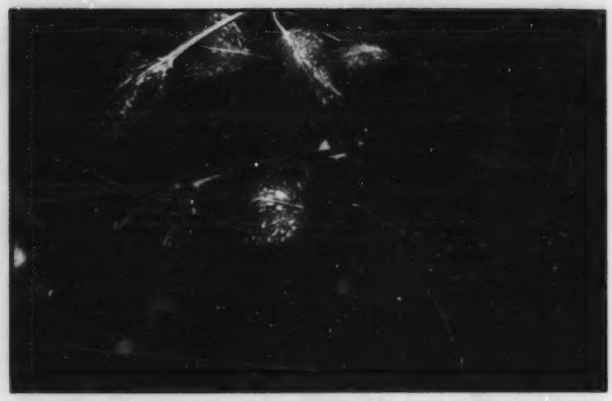


Planche 32. Carence en fer attribuable à un milieu racinaire déficient dû à un arrosage trop abondant

Planche 33. Carence en bore

Planche 34. Fendillement

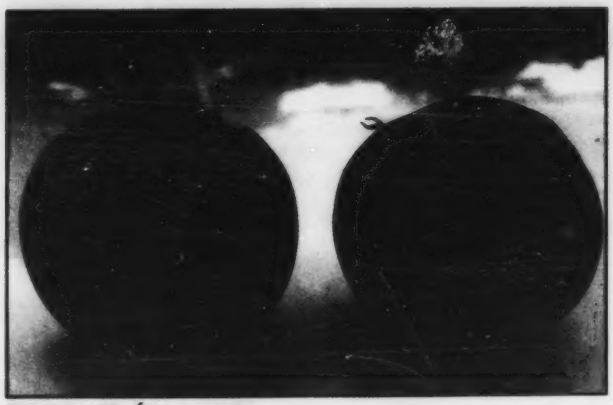


Planche 35. Épaule verte

Planche 36. Moisissure grise

Planche 37. Tige atteinte de pourriture gommeuse de la tige

Planche 38. Fruit atteint de pourriture gommeuse de la tige

Planche 39. Pourriture pénicillienne de la tige

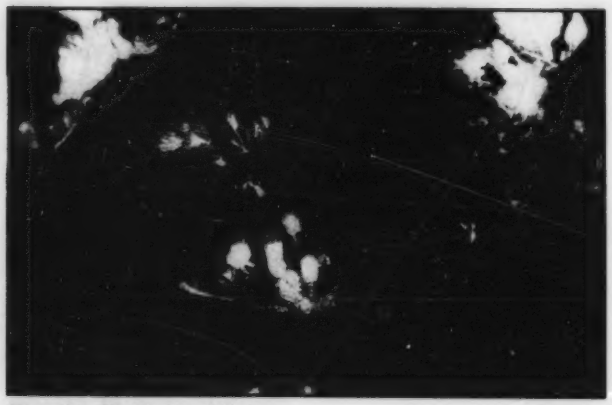


Planche 40. Taches foliaires

Planche 42. Pourriture fusarienne des racines et des tiges de concombre

Planche 41. Oïdium (blanc) des cucurbitacées

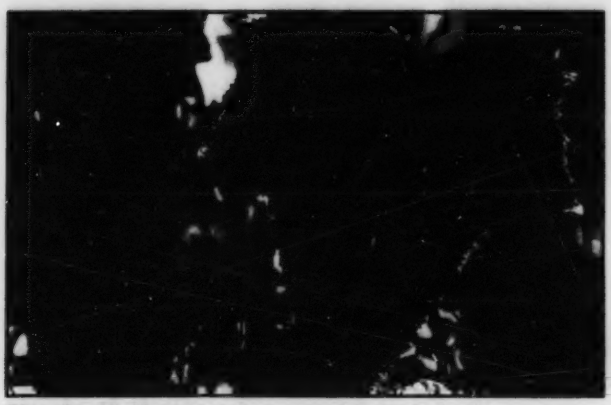


Planche 43. Mosaïque du concombre sur la feuille

Planche 44. Mosaïque du concombre sur le fruit

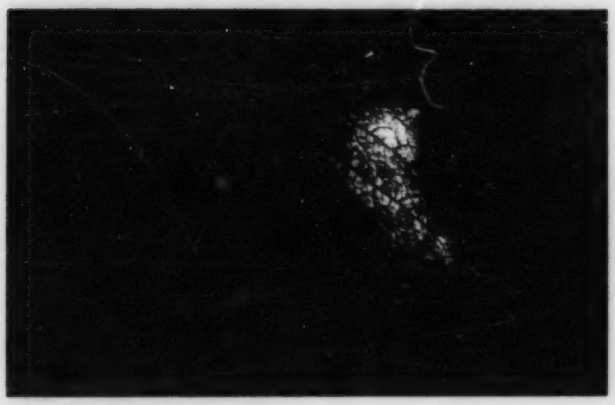


Planche 45. Pseudo-jaunisse

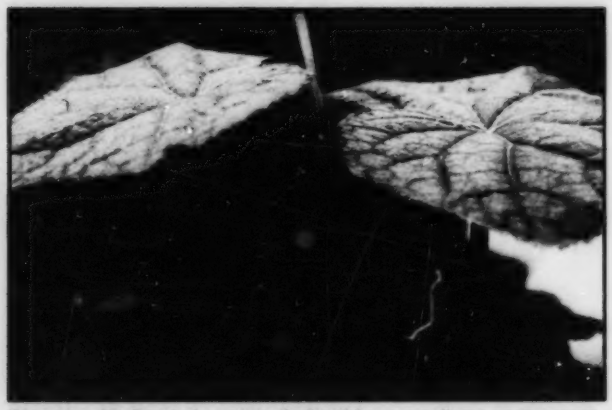


Planche 46. Perte du point végétatif à cause d'une carence en calcium occasionnée par un trop faible apport en calcium et une croissance rapide des jeunes pousses de concombre

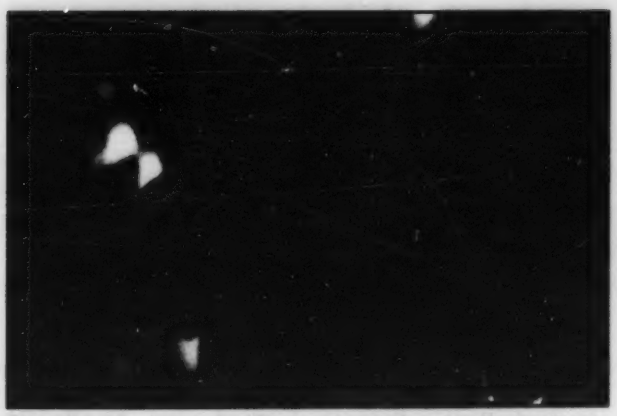


Planche 47. Jeune feuille de concombre souffrant d'une carence en fer attribuable à une croissance rapide et à une forte charge fruitière

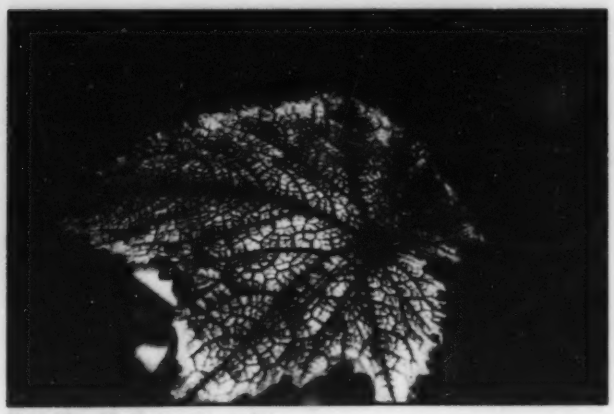


Planche 48. Carence en fer

Planche 49. Infection causée par *Botrytis*

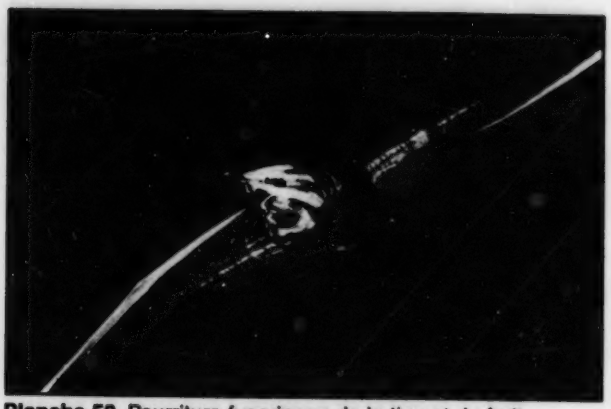


Planche 50. Pourriture fusarienne de la tige et du fruit

Planche 51. Pourriture fusarienne de la tige et du fruit

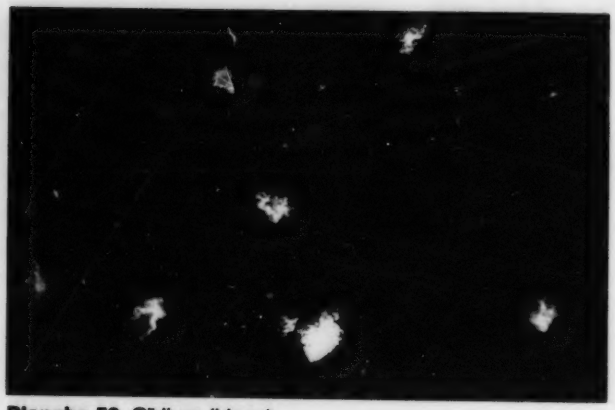


Planche 52. Oïdium (blanc)

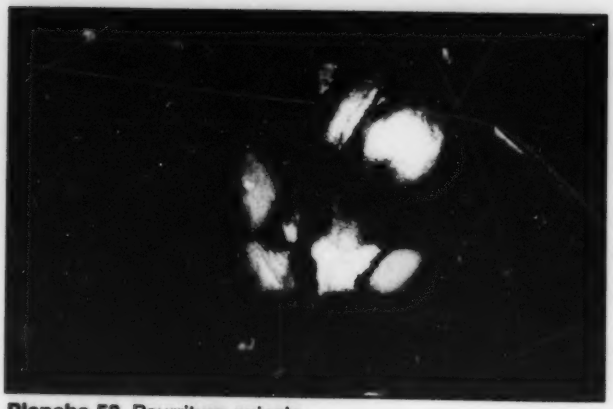


Planche 53. Pourriture apicale

Planche 54. Fendillement attribuable à la croissance interne du fruit

Planche 55. Fendillement attribuable à la croissance interne du fruit (coupe longitudinale)

Planche 56. Carence en manganèse

Planche 57. Carence en bore

Planche 58. Thrips des petits fruits et *Echinothrips americanus*

Planche 59. Fruit endommagé par l'activité de ponte des thrips

Planche 60. Virus de la maladie bronzée de la tomate

Planche 61. Aleurode

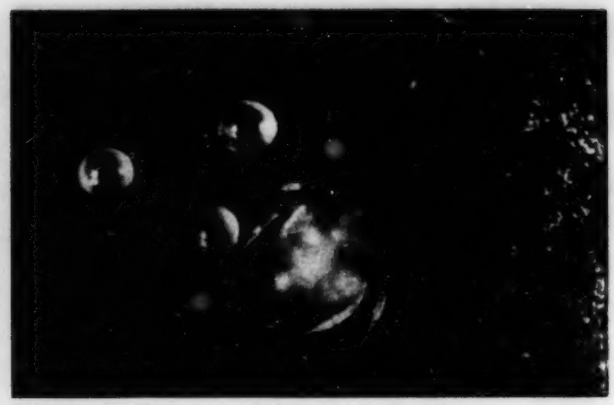


Planche 62. Tétranyque à deux points et œufs

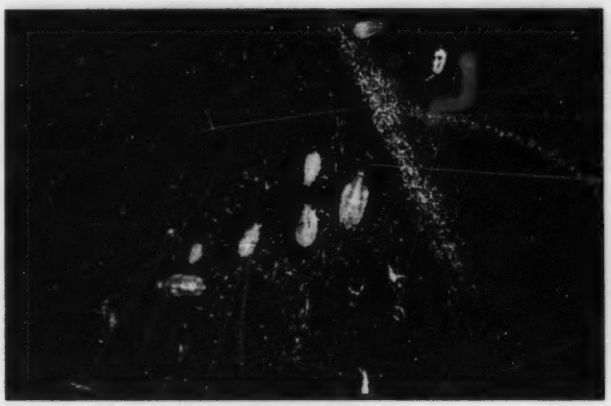


Planche 63. Pucerons verts du pêcher

Planche 64. Fausse-arpenteuse du chou

Planche 65. Punaise terne

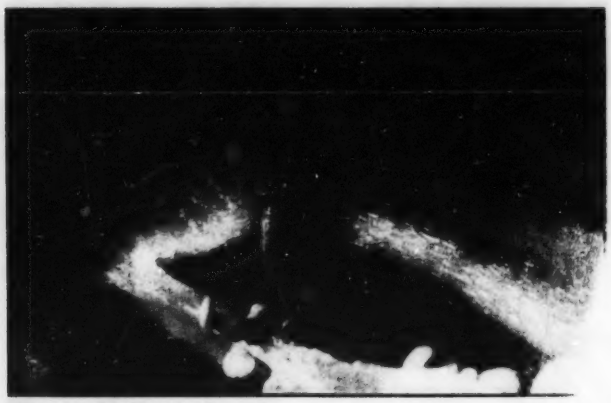


Planche 66. Pyrale du maïs

Planche 67. Sciaride

Planche 68. Mineuses

Planche 69. Dommages causés à la tige par le phytopte des tomates

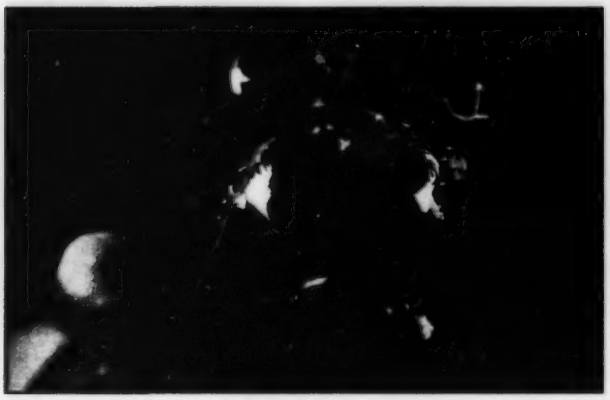


Planche 70. Mineuse de la tomate

Planche 71. Gros plan d'une larve

Planche 72. Fruit endommagé par la mineuse de la tomate

Mesures d'urgence et premiers soins en cas d'empoisonnement par un pesticide

- Il faut connaître les produits chimiques que l'on utilise. Garder sur soi la liste des noms communs de ces derniers en cas d'accident ou d'urgence. Le nom commun est indiqué sur l'étiquette du produit et dans la présente publication. De plus amples renseignements concernant les premiers soins se trouvent sur la fiche signalétique de chaque produit. On peut consulter cette fiche sur le site Web du fabricant du produit ou l'obtenir de son fournisseur.
- Si un pesticide est répandu sur la peau ou les vêtements, enlever les vêtements et laver la peau soigneusement avec de l'eau tiède et du savon.
- Si un pesticide vient en contact avec les yeux, les rincer abondamment avec de l'eau propre pendant 15 minutes. Répéter.
- Si on croit qu'une personne a été intoxiquée par suite d'une exposition à un pesticide (que ce soit par inhalation, ingestion ou contact avec la peau ou les yeux), lire d'abord l'étiquette du produit en question, puis prodiguer les premiers soins recommandés. Les numéros de téléphone d'urgence figurent sur les étiquettes de chaque produit.
- **Immédiatement après avoir donné les premiers soins recommandés, envelopper la personne dans une couverture ou un manteau et la transporter rapidement à l'hôpital le plus proche. Prendre avec soi la liste des noms communs de pesticides. Signaler ceux qui ont été utilisés.**
- **Si une personne est trouvée inconsciente ou perd connaissance, appeler une ambulance immédiatement.**
- **Pour les mesures d'urgence en cas d'empoisonnement par un pesticide, communiquer avec l'un des centres antipoisons suivants :**

  Toronto 1 800 268-9017 Ottawa (bilingue) 1 800 267-1373
- **Pour des services adaptés, les malentendants peuvent composer le 416 597-0215 (téléimprimeur). Les numéros de téléphone d'urgence figurent au début de chaque annuaire de téléphone Bell.**

Remplir ce qui suit :

Le numéro de téléphone du centre antipoisons le plus près de chez moi est le

_____ - _____

Pour se renseigner sur les publications du ministère ou en obtenir des exemplaires, on peut composer : le 1 888 4-OMAFRA (1 888 466-2372), de n'importe où en Ontario; ou le 519 826-3700, de l'extérieur de la province. Pour les malentendants, le numéro ATME du MAAARO est le : (519) 826-7402. On peut aussi adresser sa demande par courrier électronique à : *products@omafra.gov.on.ca* ou visiter le site Web du MAAARO à l'adresse *www.gov.on.ca/omafra*.

La liste complète de tous les produits et services du MAAARO et les bons de commande nécessaires sont affichés sur le site Web. Les commandes peuvent être envoyées par télécopieur au (519) 826-3633 ou par la poste au Centre d'information du gouvernement, MAAARO, 1, chemin Stone Ouest, Guelph ON N1G 4Y2.

Publié par le ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario
© Imprimeur de la Reine pour l'Ontario, 2001
Toronto, Canada
ISSN 1492-661X
RV 04-01-0.5M